

Titulación:

Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales (GrETI)

Alumno (nombre y apellidos):

Manel Marín Lores

Título del TFG:

Estudio de la implementación de herramientas BIM en una ingeniería

Director/a del TFG:

Montserrat Sánchez Romero

Contenido de este volumen:

Documento 1 - Memoria

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado "Memoria"	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH**

**Escola Superior d'Enginyeries Industrial,
Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa**

Estudio de la implementación de herramientas BIM en una ingeniería

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales

ESEIAAT

Autor/a: Manel Marín Lores

Director/a: Montserrat Sánchez Romero

Fecha de entrega: 15 de enero del 2020

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado "Memoria"	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

Índice

0.1 ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	4
0.2 ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	6
1. INTRODUCCIÓN	6
1.1 Objetivo	6
1.2 Justificación	7
1.3 Alcance	8
1.4 Especificaciones básicas	9
2. ESTADO DEL ARTE	9
2.1 Antecedentes históricos	9
2.2 BIM	11
2.3 7 dimensiones BIM	12
2.4 Plan de ejecución BIM	13
3. METODOLOGÍA Y HERRAMIENTAS BIM	15
3.1 Niveles del BIM	15
3.2 Trabajo colaborativo	18
3.3 Implantación BIM en el mundo	24
3.4 Implantación BIM en España	24
3.5 Aplicaciones	25
4. IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE ACCIÓN BIM	31
4.1 Organización	31
4.2 Organigrama de la entidad	32
4.3 Factores que analizar en la organización	33
4.4 Objetivos de la implementación	34
4.5 Elección del Software BIM	35
4.6 Fases de implementación de las herramientas	42
4.7 Gerente del BIM	43
4.8 Equipo Piloto	45
4.9 Propuesta de roles en nuestro equipo BIM	46
4.10 Fase 1: Formación del equipo	50
4.11 Fase 2: Proyecto Piloto	52
4.12 Herramientas BIM más utilizadas en planificación	58

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado "Memoria"	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

4.13 Indicadores claves de rendimiento (KPI's).....	62
5. BIM DE CARA AL FUTURO	66
6. CONCLUSIONES	72
7. LÍNIAS FUTURAS	74
8. BIBLIOGRAFIA.....	75

0.1 ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Primeros diseños en Sketchpad. Fuente: https://www.xataka.com/otros/sketchpad-cumple-50-anos-cuando-sutherland-sono-con-el-diseno-asistido-por-ordenador	10
Ilustración 2: Las siete dimensiones del BIM. Fuente: http://vicons.es/las-siete-dimensiones-bim/	13
Ilustración 3: Diagrama de las diferentes estrategias de negocio. Fuente: https://www.interact-intranet.com/blog/employee-experience-ai-drones-and-getting-hr-onboard-interaction-event-explores-the-challenges-of-the-digital-workplace/	14
Ilustración 4: Niveles BIM. Fuente: http://gimenezarquitectura.com.py/blog/?p=210	17
Ilustración 5: Roles BIM. Fuente: https://prezi.com/p/z586_gbvz9l/_roles-bim/	19
Ilustración 6: Interfaz Revizto Workspace. Fuente: https://appshopper.com/productivity/revizto-viewer	21
Ilustración 7: Implantación del BIM a nivel mundial. Fuente: https://bimchannel.net/es/video-webinar-bim-sp-bimetica/	24
Ilustración 8: Datos obtenidos del "proyecto QBIMInvest financiado por la Universidad Europea de Madrid presentado y National BIM Report 20162 realizado por la compañía NBS" (Masip, Jaume, 2017). Fuente: http://www.bimbarcelona.com/bim-un-ano-despues/	25
Ilustración 9: Datos obtenidos del "proyecto QBIMInvest financiado por la Universidad Europea de Madrid presentado y National BIM Report 20162 realizado por la compañía NBS" (Masip, Jaume, 2017). Fuente: http://www.bimbarcelona.com/bim-un-ano-despues/	25
Ilustración 10: Plantas de vivienda dibujadas en AutoCAD sin ninguna interrelación de datos entre ellas. Fuente: Autodesk	26

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado "Memoria"	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

Ilustración 11: Muro con diferentes capas de material y la lista de materiales obtenida de todo el proyecto. Fuente: Structuralia	27
Ilustración 12: Interfaz Revit de lo ejecutado según planificación. Fuente: Structuralia	28
Ilustración 13: Mediciones realizadas por Revit. Fuente: https://www.danysoft.com/presto/	29
Ilustración 14: Ciclo de vida BIM. Fuente: https://www.innova-rd.com/bim/	30
Ilustración 15: Ciclo completo de un proyecto implementando metodología BIM. Fuente: https://www.grupovalero.com/valero-primer-fabricante-eps-nivel-nacional-generar-productos-bim/ciclo-de-vida-del-proyecto-con-bim/	33
Ilustración 16: Logotipo del software Revit. Fuente: Autodesk	35
Ilustración 17: Interfaz del software Revit. Fuente: bimcommunity.com	36
Ilustración 18: Logotipo del software Archicad. Fuente: Graphisoft	37
Ilustración 19: Interfaz de Archicad. Fuente: bimcommunity.com	38
Ilustración 20: Logotipo de Allplan. Fuente: Nemetschek	38
Ilustración 21: Interfaz de Allplan. Fuente: bimcommunity.com	39
Ilustración 22: Logotipo Aecosim. Fuente: Bentley Systems	40
Ilustración 23: Interfaz Aecosim building designer. Fuente: aecbytes.com	41
Ilustración 24: Principales puestos laborales BIM. Fuente: editeca.com	49
Ilustración 25: Diferentes fases del proyecto constructivo. Fuente: slideplayer.es	53
Ilustración 26: Tabla de materiales en Revit para un elemento constructivo. Fuente: yolandamuriel.com	54
Ilustración 27: Cronograma de obra para reformas en la vivienda. Fuente: biblus.accasoftware.com	55
Ilustración 28: Planificación de obra en BIM 4D. Fuente: masbim.com	58
Ilustración 29: Relaciones entre tareas. Fuente: https://www.slideshare.net/GLASSSYSTEM/tipos-de-vnculos-de-tareas	59
Ilustración 30: Interfaz de medición de costes de Vico office. Fuente: https://www.slideshare.net/clivejordan/vico-office-5d-bim	60

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado "Memoria"	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

0.2. ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

BIM: Building Information Modeling

CAD: Computer Aided Design

SAGE: Semi Automatic Ground Environment

BDS: Building Description System

IAI: Industrial Alliance of Interoperability

BEP: Bim Execution Plan

NBS: National Bureau of Standards

IFC: Industry Foundation Classes

MEP: Mechanical Electrical and Plumbing

KPI: Key performance Indicators

VR: Virtual Reality

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Objetivo

Se analizará el concepto del Building Information Modelling, tanto las principales características de este, se destacará las principales diferencias entre la metodología tradicional y la metodología BIM en las fases de diseño y construcción de proyectos, y también se explicarán los principales usos y herramientas tecnológicas que ofrece el mercado.

Después de finalizar el estudio teórico sobre todo lo relacionado con la metodología BIM, se planteará una ingeniería donde se implementarán las herramientas correspondientes.

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado "Memoria"	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

1.2 Justificación

La Industria de la Ingeniería, Construcción y Arquitectura presenta un crecimiento global impresionante que involucra la interacción cada vez de una mayor cantidad de ramas para la construcción de cualquier obra civil. Los proyectos de construcción son caracterizados por que cada proyecto puede considerarse único y poseen procedimientos muy poco estandarizados.

Sin embargo, el uso de las tecnologías BIM está cambiando significativamente la forma en la que se encaran las construcciones. El trabajo se vuelve mucho más colaborativo y que permite incorporar la información para análisis en bases de datos más compactas, confiables y reutilizables.

El software BIM junto con los procesos colaborativos forman lo que son las tecnologías BIM que permiten que las distintas áreas compartan un modelo único de la estructura a ser construida, en este modelo es posible incorporar elementos arquitectónicos, estructurales, eléctricos, sanitarios, mecánicos y otros dependiendo de la naturaleza del proyecto.

Estas tecnologías no son nuevas sin embargo recién están siendo implementadas debido a los fuertes cambios de paradigma que requieren dentro de los procesos empresariales tradicionales. Las mejoras en la interoperabilidad y capacidades computacionales más accesibles son factores que facilitan la implementación.

Como los flujos de trabajo ya no son lineales y son altamente dependientes de la colaboración entre las partes, los propietarios y empresas participantes en este tipo de proyectos no solamente ajustan sus procesos, sino también el lenguaje legal y de responsabilidades para entregar el proyecto. Tipos de contrato como diseñoconstrucción, construcción a riesgo compartido o entrega

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado "Memoria"	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

de proyecto integrado cuentan ya con un marco legal en el cual muchas empresas y proyectos pueden apoyarse.

Estas tecnologías pronto serán el estándar de trabajo. Compañías que quieran mantenerse a la vanguardia deberán adoptarlas lo más rápido posible o arriesgarse a quedar relegadas, sufriendo las negativas consecuencias del atraso.

1.3 Alcance

- No se incluye el presupuesto del programa a implementar

- No se realiza el diseño de los puestos a menos que estos sean estrictamente necesarios para la implementación de las tecnologías BIM o su trabajo con ellas.

- No se incluye un cronograma de implementación, este deberá ser definido por la misma empresa de acuerdo con su situación. Esto además se respalda en que las tareas no son relevantes del tiempo, eso sí, las relaciones de precesión entre tareas deberán ser respetadas.

- Los procesos serán descritos como diagramas de flujo y esquemas entendibles, se describirán las tareas y los recursos necesarios para realizarlas. No se realizarán recomendaciones de empleo de algún software en específico o se elaborarán estos para trabajar con algún tipo de software en especial. Si algún tipo de software BIM fuera mencionado, será para ejemplificar una situación.

- Aunque muchos de los procesos tendrán descripciones de las relaciones que deben esperarse entre los trabajadores y recomendaciones de cómo se pueden mejorar éstas, además de ser

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado "Memoria"	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

mencionadas como parte del cambio de mentalidad. El presente trabajo está enfocado en los procesos y no en la sociología asociada a las tecnologías BIM.

1.4 Especificaciones básicas

Diseñar, asignar actores, variables de medición y variables de presupuesto tanto a los procesos de implementación de tecnologías BIM como a los procesos de trabajo y mejora continua de un caso práctico.

Definir los procesos de implementación a realizar, identificar cada una de las tareas y la sucesión y relación entre ellas.

Diseñar los procesos de trabajo en los cuales se emplearán tecnologías BIM

2. ESTADO DEL ARTE

2.1 Antecedentes históricos

En gran parte de la historia de la construcción, toda representación gráfica de un proyecto se realizaba a mano, pero suponía una gran pérdida de tiempo y una sola modificación dejaba el documento obsoleto. El Instituto de Tecnología de Massachusetts (EE. UU.), en el año 1955, implementa un sistema gráfico con el objetivo de ser una herramienta para la fuerza aérea del ejército estadounidense llamado SAGE (Semi Automatic Ground Environment) ya que su función es la representación de gráficos a partir de datos y permitía al radar o a cualquier medio de

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado "Memoria"	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

información sobre los datos de posición la visualización de la situación de elementos a partir de estas representaciones

El siguiente paso fue el desarrollo de Sketchpad, un software para computadoras que serviría después como base para la implantación de los programas CAD. Sketchpad daba la posibilidad crear dibujos en 3 dimensiones. El primer programa CAD no sale a la venta hasta 1965 por un precio de 500.000 dólares estadounidenses.



Ilustración 1: Primeros diseños en Sketchpad. Fuente: <https://www.xataka.com/otros/sketchpad-cumple-50-anos-cuando-sutherland-sono-con-el-diseno-asistido-por-ordenador>

El primer programa en aplicar principios semejantes a los presentes BIM fue el profesor Chuc Eastman en 1975, creando el Building Description System (BDS). Este avance tenía como objetivo solucionar la falta de información que suponían los diseños arquitectónicos de los programas CAD en ese momento.

En 1982 el emprendedor húngaro Gábor Bojar, fundador de Graphisoft, introduce el diseño de tuberías y ductos en un modelo arquitectónico convencional, dando origen a ArchiCAD, reconocido como el primer programa BIM hasta la fecha. También se crea el ISO STEP, que regula de forma estándar el modelo de datos para el intercambio de productos.

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado “Memoria”	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

En 1996 comienza a funcionar el consorcio industrial IAI que asesora el desarrollo de aplicaciones integradas, y 4 años después se produce el nacimiento de Revit, uno de los softwares BIM más utilizados actualmente.

2.2 BIM

El Building Information Modelling es una metodología de trabajo que se aplica en proyectos relacionados con el sector de la construcción que se basa en un sistema que permite considerar toda la información útil dentro de un solo modelo, consiguiendo maximizar la efectividad del análisis, en todas las etapas de su vida funcional (desde el mismo diseño hasta el derribo total) reduciendo a la vez costes y controlando cualquier factor que influya en el mismo proyecto.

Podríamos considerar que no hay una definición única y específica de BIM, ya que al estar en constante desarrollo y ha ido cambiando con el paso del tiempo y la evolución de la tecnología (aumentando el alcance de sus posibles aplicaciones).

El objetivo de esta herramienta es reunir todos los agentes que requiere un proyecto y facilitar la coordinación de estos, simplificando el trabajo colaborativo y mejorando la transmisión de información entre los diferentes profesionales que lo llevan a cabo, uniendo el modelo arquitectónico a los estudios topográficos, mediciones, presupuestos, planificaciones, eficiencia energética, etc.

Esto queda representado en modelos 3D a partir de los cuales se realiza una simulación con vínculos a toda la información necesaria, conectada con el director de proyectos, el supervisor, el constructor y el operador. También es necesaria documentación en 2D para garantizar una buena comunicación entre los miembros antes mencionados.

De forma resumida podríamos decir que los principales objetivos del BIM consisten en:

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado "Memoria"	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

- Plasmar el diseño y un marco visual para entender rápidamente la idea y las dimensiones de éste, siendo usado como una herramienta de máquetin por los activos.
- Obtención de manera rápida y efectiva de los costes del proyecto, así como de los plazos, herramientas cruciales en un estudio de viabilidad.
- Facilitar la ejecución de las obras necesarias y de las fases de mantenimiento y explotación proporcionando datos relevantes sobre el proyecto.
- Asegurar una coherencia en el intercambio de datos de los agentes implicados, estableciendo estándares de calidad, mejorando la eficiencia del proceso de diseño y posterior construcción.
- Proporcionar criterios medioambientales con el objetivo de elegir mejores soluciones para el diseño y marcar objetivos para las etapas posteriores a la construcción (explotación de los servicios) analizando y comparando requisitos energéticos

2.3 7 dimensiones BIM

Las 7 dimensiones que forman parte de la herramienta BIM son las siguientes:

- 1D propuesta del proyecto
- 2D diseño de planos o bocetos
- 3D Modelado de la edificación en la cual se basará la metodología.
- 4D programación de los tiempos necesarios para llevar a cabo el proyecto.
- 5D estimación y cálculo de costes
- 6D gestión energética y medioambiental
- 7D gestión de la operación de la estructura

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado "Memoria"	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		



Ilustración 2: Las siete dimensiones del BIM. Fuente: <http://viconsa.es/las-siete-dimensiones-bim/>

2.4 Plan de ejecución BIM

El documento principal del plan de ejecución del BIM es el BEP, siendo la base del desarrollo de la herramienta, propuesto en 2009 por Chitwan Saluja a partir de una tesis doctoral. Esta define el BEP como “documento que define de forma global los detalles de implementación de la metodología BIM a través de todo el proyecto”. Aquí se definen los objetivos del proyecto, la duración de los procesos y los agentes que intervendrán en su realización.

Existe un manual de estándares BIM, que se usa para guiar en la dirección correcta el trabajo y que seguir las directrices institucionales. En España disponemos de la Guía de Usuarios BIM, gracias al proyecto de la iniciativa uBIM en colaboración con BUILDING SMART”, (Zaragoza, Mórea, 2016)

Las estrategias en las que se basa este plan de ejecución podrían resumirse en 2 grandes bloques tanto a nivel una organización (nivel micro) como dentro del mercado (nivel macro).

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado “Memoria”	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

El primer método podríamos denominarlo como “Descendente” donde la autoridad presiona para generar una solución considerada favorable, desarrollando políticas para fomentar la utilización de ciertas tecnologías, como subvenciones o normativas. Aplicado al nivel micro podría entenderse cuando la persona o personas al cargo ordenan la implantación de una solución concreta, difundiendo a través de la jerarquía de mando y aplicándolas siempre junto con incentivos y planes de formación.

El segundo método sería el “Ascendente”, dónde prescindiendo de un poder que impongan soluciones se adopta el método más conveniente desde la base de la pirámide de mando, y por tanto las políticas o metodologías a utilizar son decididas desde la raíz. Este método se da cuando las organizaciones de menor dimensión ejercen la toma de decisiones, y estas se difunden hacia lo alto en la jerarquía de mando.

También podríamos hablar de un tercer método minoritario nombrado “radial”. En este método son las organizaciones en la zona intermedia en el mercado las que deciden implantar ciertas soluciones, influyendo a organizaciones de menor dimensión y en la parte baja de la cadena mando, pero a la vez influyen también en las organizaciones de tamaño superior y con más peso en el mercado, haciendo que estandaricen los métodos empleados por el rango medio en la jerarquía.

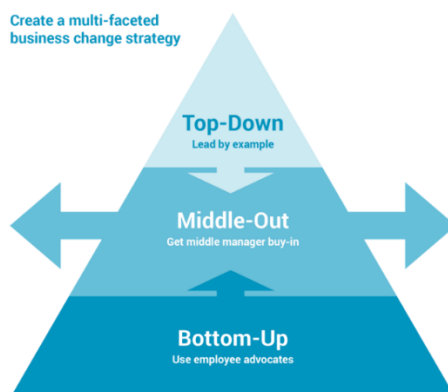


Ilustración 3: Diagrama de las diferentes estrategias de negocio. Fuente: <https://www.interact-intranet.com/blog/employee-experience-ai-drones-and-getting-hr-onboard-interaction-event-explores-the-challenges-of-the-digital-workplace/>

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado "Memoria"	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

3. METODOLOGÍA Y HERRAMIENTAS BIM

3.1 Niveles del BIM

Una de las herramientas estandarizadas para medir el grado de implantación (o madurez) BIM en un proyecto son precisamente los BIM Levels. Se trata de una sencilla escala creada por el gobierno de Reino Unido (NBS) que nos permite reconocer rápidamente en qué fase estamos con respecto al uso del BIM en nuestros proyectos.

Esta escala viene determinada por cuatro niveles: 0, 1, 2 y 3. Son progresivos y para alcanzar cada uno de ellos es necesario implantar nuevos procesos y mejorar los preexistentes:

- Nivel 0

Es el inicio del camino de la implantación BIM. El nivel 0 equivale a una ausencia de colaboración. Se basa en el modelo de trabajo que se ha usado en las últimas décadas: Producción de información en 2D mediante CAD e impresión en papel o en formatos digitales de la información para desarrollar el proyecto.

- Nivel 1

El nivel en el que ya trabajan muchas empresas y estudios. Implica una mezcla de trabajo en 3D para la concepción del proyecto y 2D para el desarrollo de la documentación técnica. El grado de colaboración se da, sobre todo, en el uso de un sistema de compartición de datos del proyecto, normalmente en la nube, sin embargo, el modelo no es compartido entre los miembros del equipo de forma simultánea.

-

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado "Memoria"	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		


- Nivel 2

Este nivel marca el inicio de la colaboración. Todas las partes trabajan sobre su propio modelo 3D pero comparten información en el mismo formato lo cual permite la creación de un flujo de trabajo colaborativo. Todos los softwares implicados en el proceso deben ser capaces de exportar la información a un formato común para que el resto de los participantes puedan usarla en sus modelos.

- Nivel 3

Implica el máximo grado de colaboración. Se basa en el trabajo sobre un único modelo que es compartido por todos los participantes. Todas las partes pueden acceder y modificar el mismo modelo. Esto permite eliminar la última capa de riesgo por conflictos de información que se daba en fases anteriores a la hora de unificar modelos. Esta fase se denomina "Open BIM".

Para hacer viable este grado de colaboración es necesario trabajar con soluciones de software que permitan un trabajo simultáneo sobre el modelo común. Debido a ello surgen soluciones que permitan un control total sobre todos los procesos como 3DEXPERIENCE que se basan en un modelo de plataforma que integra multitud de softwares, entre ellos alguno de modelado 3D como CATIA.

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado "Memoria"	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

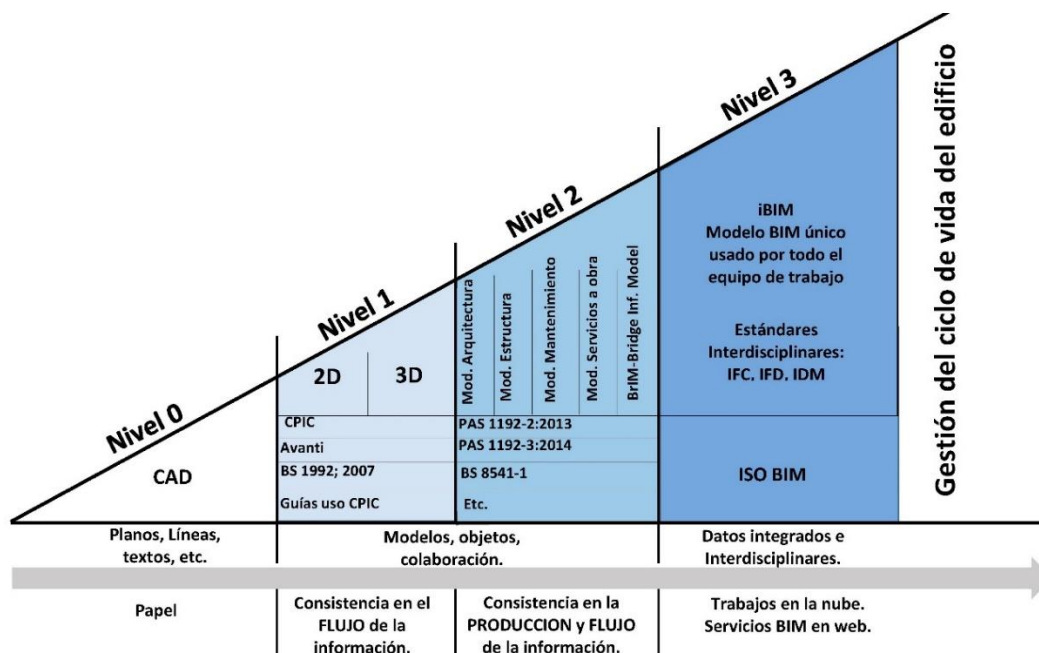


Ilustración 4: Niveles BIM. Fuente: <http://gimenezarquitectura.com.py/blog/?p=210>

Importancia de los niveles BIM

Más allá de establecer un camino hacia la madurez BIM, la estandarización de los niveles BIM permite a las empresas y oficinas de arquitectura a tener una referencia útil a la hora de colaborar entre sí en proyectos comunes para que no surjan problemas en el flujo de trabajo, permitiendo acortar tiempos y optimizar costes.

Además esta escala ha sido concebida para establecer los criterios de trabajo obligatorios a la hora de presentar propuestas para concursos de la administración pública en Reino Unido, por lo que se espera soluciones parecidas para el resto de países.

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado "Memoria"	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

3.2 Trabajo colaborativo

La piedra angular del BIM reside en el trabajo colaborativo entre los diferentes agentes. Pero dicha forma de trabajo sería inalcanzable si no fuese gracias a los programas informáticos, que permiten trabajar a diferentes profesionales en un mismo instante de tiempo y, lo que resulta más interesante, de manera coordinada sobre un modelo único a tiempo real.

El cambio necesario para llegar al trabajo colaborativo no responde únicamente al aprendizaje de nuevos softwares y programas informáticos, sino que también requiere un cambio en las personas y en la concepción de los sistemas de trabajo de la construcción. En este punto resida gran parte del quid de la cuestión. Para llegar a trabajar de forma colaborativa e integrada, los profesionales y otros agentes del sector de la construcción deben de cambiar radicalmente los procesos y flujos de trabajo y documentación, formas de hacer ya irrigadas en aquellos profesionales que llevan toda la vida profesional realizando su trabajo de cierta manera. La comunicación, coordinación y buen entendimiento entre las partes es imprescindible para el buen desarrollo del proyecto, siempre desde una fase inicial, con el fin de evitar errores, ser más eficientes y, sobre todo, de obtener la información útil, necesaria y completa para la toma de decisiones durante toda la vida útil del proyecto.

Uno de los principales objetivos del BIM, citados en el primer punto de este capítulo, es la necesidad de establecer una plataforma que permita el intercambio de información entre agentes tanto en la fase de diseño como de construcción. Con el BIM y la modelización virtual es posible el trabajo colaborativo entre intervinientes en tiempo real, agilizando y optimizando el sistema y desde cualquier lugar del mundo. Ahora es posible anticiparse a la mayoría de los imprevistos que antes surgían de forma inherente al propio modelo y en la fase más requerida de recursos de la vida de una construcción: en la Fase de proyecto.

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado "Memoria"	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		



Ilustración 5: Roles BIM. Fuente: https://prezi.com/p/z586_gbvz9l_/roles-bim/

Varios profesionales y expertos de BIM destacan que esta nueva metodología sí que supone un cambio importante en el mapa de procesos y flujos de la información respecto a los que se emplean en la forma de trabajo convencional. Dichos cambios permiten pasar de un flujo lineal de la información a un flujo circular. Este cambio radical no es comparable con los cambios en los mapas de procesos cuando aparecieron y se expandieron los ordenadores y los softwares de CAD. Éstos permitieron una mayor agilidad y calidad final en la redacción de proyectos, no un cambio en los flujos de información.

De manera resumida podríamos definir el trabajo colaborativo o *Teamwork* en los siguientes cinco puntos clave:

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado "Memoria"	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

Tecnología cliente-servidor:

La base de trabajo está compuesta por un servidor central donde se almacena el modelo y el resto de información y por los ordenadores y otros hardware de los agentes implicados. De manera que el servidor mantendrá el modelo BIM completo y actualizado en cada proyecto, mientras que los miembros de cada equipo trabajarán en ordenadores locales y periódicamente envían y reciben cambios entre el servidor y su software BIM.

Reserva de elementos:

Dentro del trabajo colaborativo es muy importante haber definido con anterioridad quién llevará a cabo qué partes del proyecto. Para ello, es adecuado que se establezca maneras de reservar y entregar una vez iniciado el proyecto elementos del modelo y otros datos relacionados con el mismo

Roles o perfiles

Los perfiles de cada usuario o profesional serán distribuidos según el criterio del *BIM Manager* y las cualidades que presente cada trabajador. De este modo resultan completamente configurables e, incluso, se podrán crear perfiles híbridos para usuarios con diversas competencias.

Mensajería integrada

Para un correcto desarrollo del trabajo colaborativo es necesario establecer y definir el centro de comunicaciones que mantendrá el flujo del modelado. Permitirá la trazabilidad y seguimiento del proceso dentro del mismo proyecto, así como también la actualización progresiva del modelo a medida que se vaya definiendo. Existen diversas herramientas para la comunicación entre agentes, desde la tradicional vía correo electrónico hasta softwares especializados en intercambio de información BIM, como es el caso de Revizto Workspace.

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado "Memoria"	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

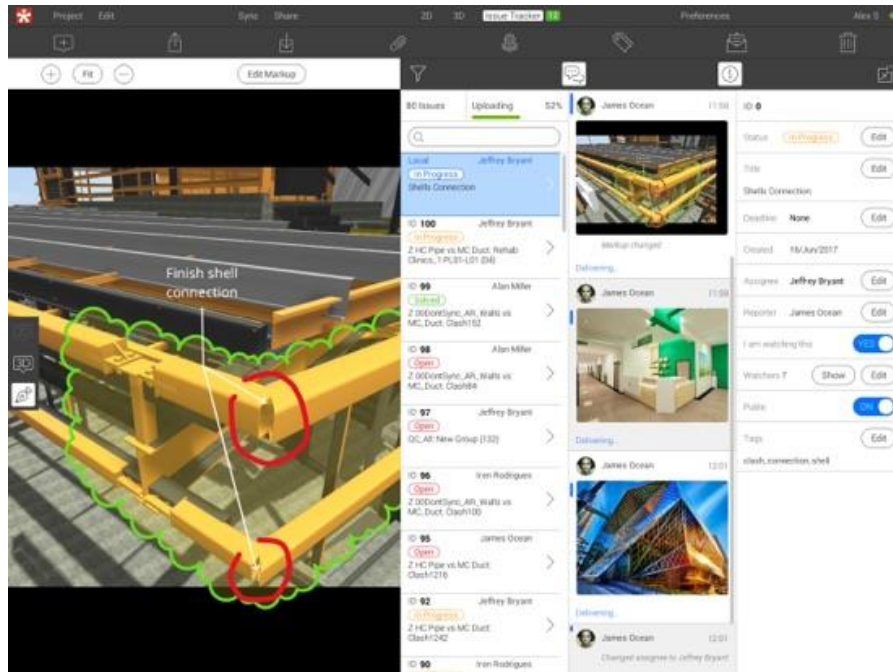


Ilustración 6: Interfaz Revizto Workspace. Fuente: <https://appshopper.com/productivity/revizto-viewer>

Administrador del servidor web

El administrador del servidor web necesitará tener acceso universal, podrá acceder remotamente desde cualquier ubicación. Administrará el proyecto y el servidor. Será el encargado de separar los jefes de tecnología (Chief Techonology Officers) y los coordinadores de proyecto, es decir, el BIM Manager y el Coordinador BIM, permitiendo un acceso controlado.

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado “Memoria”	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

IFC e interoperabilidad

El formato IFC es un formato de datos, funciona como un formato de archivos estandarizados para el intercambio entre distintos softwares, algo así como un pdf aplicado a BIM, cuyo objetivo principal es favorecer la interoperabilidad entre distintos programas.

Es un estándar a nivel mundial, utilizado para describir, compartir e intercambiar información sobre un proyecto. Es un formato neutral y no es propietario.

IFC es uno de los cinco tipos de estándares abiertos en la cartera de BuildingSMART que realizan diferentes funciones cuando se trata de la entrega y el soporte de activos en el entorno construido.

En la metodología BIM los profesionales pueden utilizar software de diferentes compañías (ArchiCAD, Revit...) pero el formato IFC puede hacer de punto de unión a la hora de intercambiar información válida, independientemente del software utilizado de base. Además, el formato IFC cuenta con el apoyo de más de 150 aplicaciones software a nivel mundial.

Beneficios

- dar soporte y fomentar la interoperabilidad entre los distintos agentes que intervienen
- ayuda a satisfacer la necesidad de formatos de archivo neutros
- facilita el intercambio de información sobre estructuras, elementos, espacios y objetos en BIM
- es gratis
- vincula con facilidad información alfanumérica (propiedades, clasificación, cantidades...)

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado "Memoria"	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

- agiliza el trabajo, toda la información del objeto constructivo es definida una única vez, aportando consistencia a la información compartida del proyecto
- unifica el lenguaje de los diferentes elementos de un proyecto, favoreciendo la detención de posible errores o clash detection y gracias a BCF (BIM Collaboration Format), permite añadir textos o screenshots sobre las irregularidades que han sido identificadas para devolver los archivos a sus creadores para revisión.

Características

1. IFC no es editable directamente, así como un PDF no lo es.
2. Si quieres modificar algo de un IFC, necesitamos volver al software nativo, para hacer las modificaciones necesarias y volver a guardarlo como archivo IFC, para compartirlo.
3. El Formato IFC es apto para el cálculo de mediciones
4. Con la ayuda de un visor (como el BIMcollab Zoom o cualquier similar, gratuito o de pago), se puede identificar que todos los elementos estén correctos y detectar, a simple vista, errores de cohesión entre elementos.
5. IFC no hace de forma automática clash detection, para ello existen otros programas específicos como Navisworks, Solibri...
6. En el supuesto ejemplo de querer preparar un cálculo de cantidades del elemento x (digamos por ejemplo que son los muros), necesitamos crear un filtro para especificar el tipo de elemento y poder obtener el cálculo.

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado "Memoria"	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

3.3 Implantación BIM en el mundo

En la actualidad no existe una norma BIM generalizada de aplicación universal, aunque se están realizando trabajos con ese propósito. Sin embargo, hay países en los que el desarrollo del BIM ha tenido grandes avances, por lo que han realizado sus propias normas y estándares, para poder orientar el trabajo dentro de sus propias reglamentaciones.

En la Ilustración 7 se puede apreciar el estado de la implantación de BIM a nivel mundial, en el año 2016.

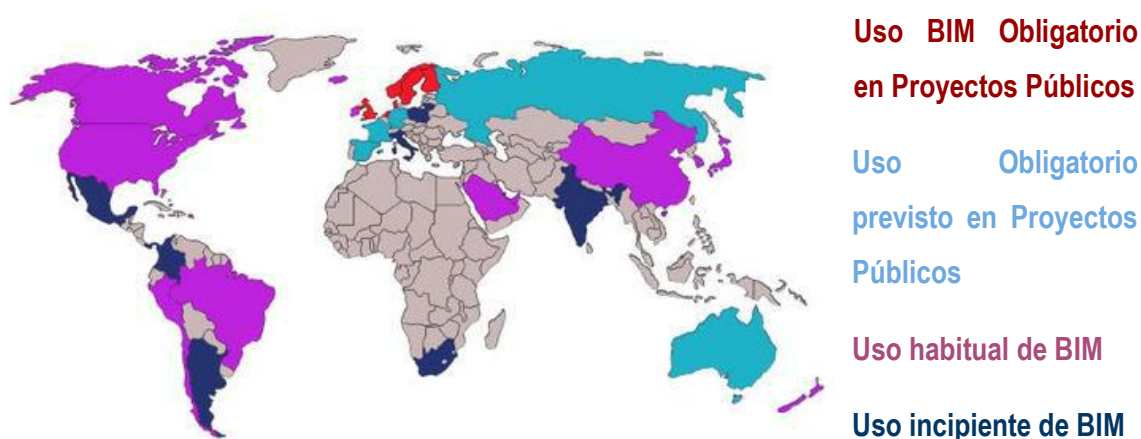


Ilustración 7: Implantación del BIM a nivel mundial. Fuente: <https://bimchannel.net/es/video-webinar-bim-sp-bimetica/>

3.4 Implantación BIM en España

En España, se ha difundido el uso de la metodología BIM, incluso antes que la propia ley exija su uso, y en el año 2014 se constituye la comisión para la implantación de la metodología BIM en España, que forma parte del Ministerio de Fomento.

Se tiene previsto que para el año 2018, el uso de la metodología BIM en España sea de uso obligatorio, para licitaciones públicas de obras de edificación.

En España se ha difundido el uso de la metodología BIM en medio de los diferentes profesionales de la construcción, pero cabe destacar la aceptación entre los arquitectos, como se puede observar en la Ilustración 8.

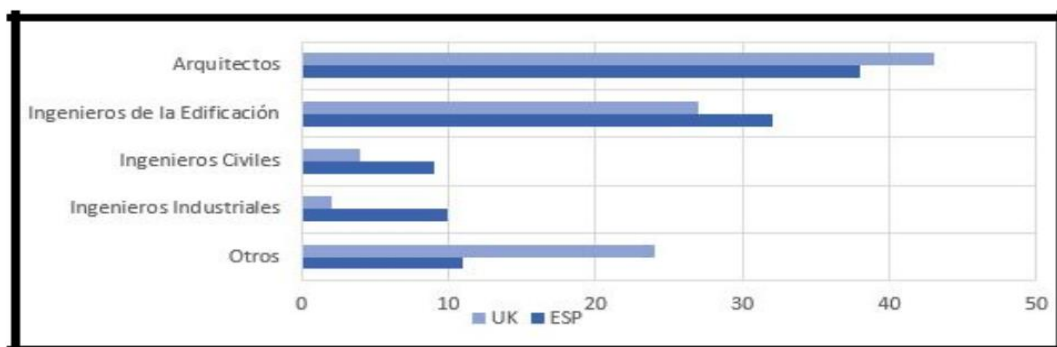


Ilustración 8: Datos obtenidos del "proyecto QBIMInvest financiado por la Universidad Europea de Madrid presentado y National BIM Report 20162 realizado por la compañía NBS" (Masip, Jaume, 2017). Fuente: <http://www.bimbarcelona.com/bim-un-ano-despues/>

La expectativa de implantación de BIM a corto y mediano plazo, es elevada, sin embargo, sobre la implantación de esta metodología a largo plazo, es baja, contrario a lo que pasa en Reino Unido, que es el país de referencia del uso de BIM en la región, se puede observar en la Ilustración 9.

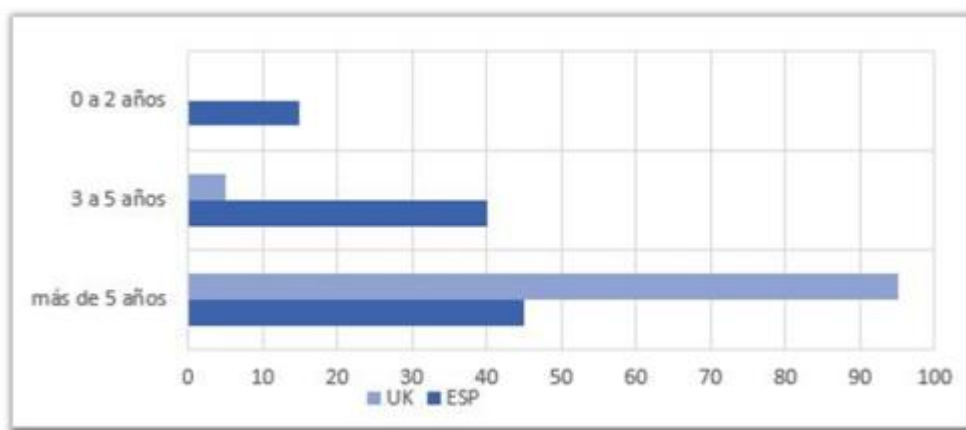


Ilustración 9: Datos obtenidos del "proyecto QBIMInvest financiado por la Universidad Europea de Madrid presentado y National BIM Report 20162 realizado por la compañía NBS" (Masip, Jaume, 2017). Fuente: <http://www.bimbarcelona.com/bim-un-ano-despues/>

3.5 Aplicaciones

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado "Memoria"	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

Elaboración de proyectos de forma ágil y eficiente usando elementos propios de la ingeniería

Hasta la aparición de BIM, el diseño de un proyecto era plasmado en programas CAD mediante un conjunto de diferentes vistas generales y locales en 2D, así como secciones de detalle de los diferentes tramos. El proyecto se presentaba, por tanto, como una superposición de distintas vistas, en lugar de en su conjunto. Esto dificultaba en gran medida las actualizaciones y modificaciones de un proyecto, al tener que verse este modificado en los planos correspondientes.

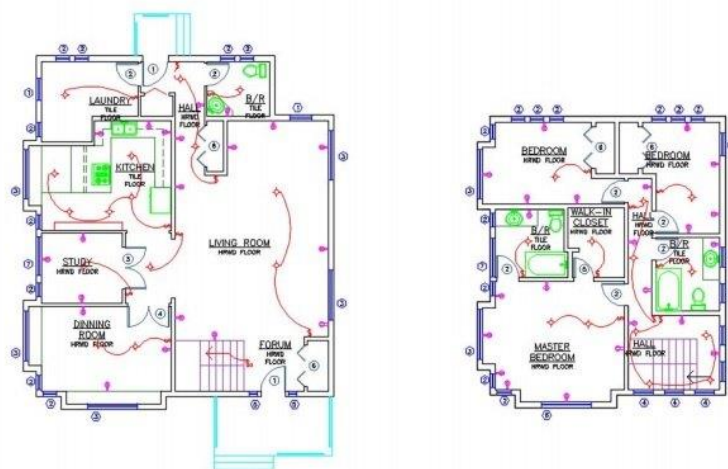


Ilustración 10: Plantas de vivienda dibujadas en AutoCAD sin ninguna interrelación de datos entre ellas. Fuente: Autodesk

Sin embargo, mediante el uso de software y metodología BIM en ingeniería, el diseño de un proyecto se realiza directamente en 3D y de forma completa en todo su conjunto. Así, la elaboración de un proyecto no solo se realiza de una manera más eficiente y rápida, sino también su modificación en caso de que sea necesario. Además, las modificaciones se realizan de forma exacta sobre un modelo completo en todas sus perspectivas.

Por otra parte, los elementos utilizados en el diseño tradicional son puramente geométricos, tales como líneas, puntos, arcos de circunferencia, etc; mientras que el software BIM trabaja con

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado "Memoria"	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

requisitos máximos o mínimos de pendiente impuestos por legislación debido a un replanteamiento posterior al diseño.

Estos conflictos que, tradicionalmente eran difíciles de detectar hasta la construcción y solían solucionarse “in situ”, son fácilmente detectables mediante las herramientas BIM. Así, el uso de este software permite verificar que todo cumple las normativas y condiciones preestablecidas, así como detectar las posibles incompatibilidades entre partes del proyecto en fase previa a la construcción, de manera que pueda ser planteada una solución óptima.

Control de la producción en obra y actualización de la planificación en tiempo real

El diseño mediante BIM en ingeniería ofrece un modelo exacto real del estado de un proyecto en la fase de construcción, así como del estado de la construcción esperado para el mismo horizonte temporal. De esta manera, de un rápido vistazo se obtiene la información necesaria para el control óptimo de la producción y las entregas parciales, en su caso.

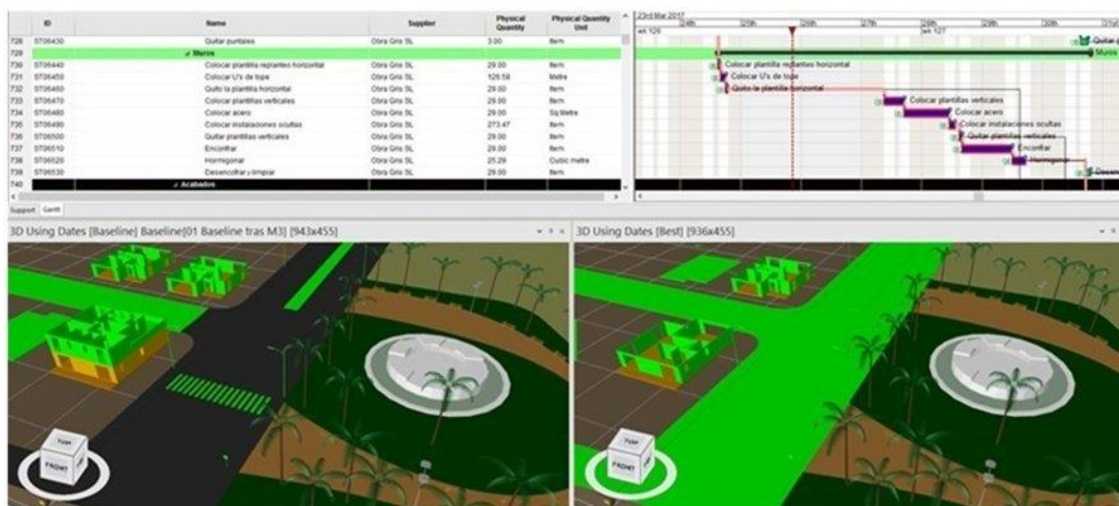


Ilustración 12: Interfaz Revit de lo ejecutado según planificación. Fuente: Structuralia



Elaboración de mediciones y presupuestos

Dado que, como ya se ha mencionado, los objetos incorporados a un diseño BIM llevan asociadas una serie de características inherentes entre las que también se incluye el coste unitario y las diferentes dimensiones, la elaboración de mediciones y presupuestos tanto parciales como globales en un proyecto puede llevarse a cabo de manera ágil y sencilla.

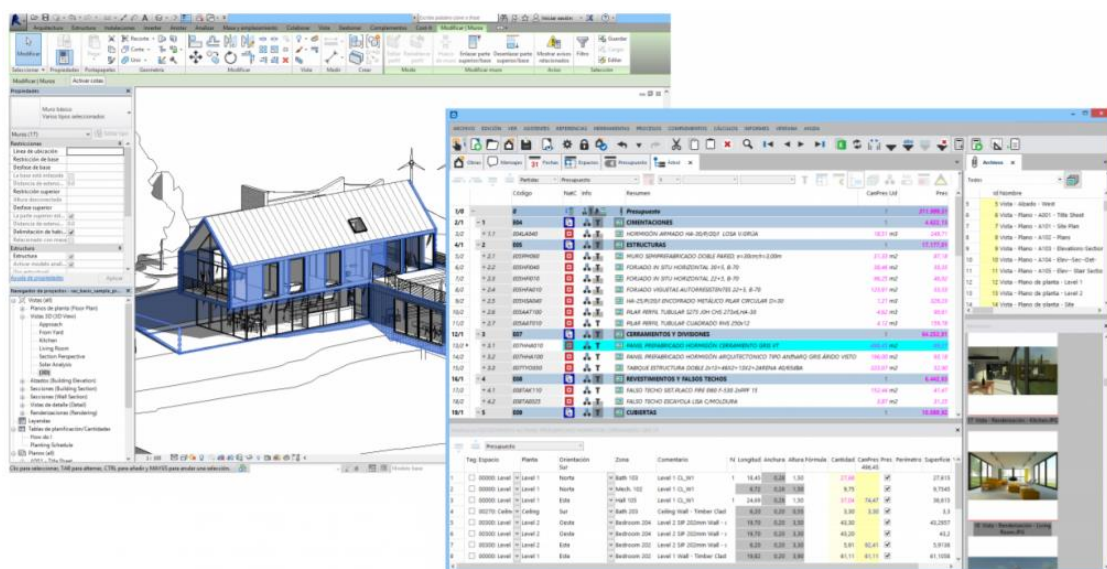


Ilustración 13: Mediciones realizadas por Revit. Fuente: <https://www.danysoft.com/presto/>

Seguimiento del mantenimiento y ciclo de vida de una infraestructura

La metodología de trabajo BIM no sólo se centra en el diseño "puramente geométrico" de una infraestructura, sino que también se tienen en cuenta las fases de ciclo de vida y desmantelamiento de esta.

Una vez finalizada y construida una instalación, el modelo BIM entregado al cliente incluirá los datos exactos para la gestión de instalaciones y activos e incorporará las variables fundamentales para la gestión del mantenimiento, tales como puede ser la fecha de instalación,

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado "Memoria"	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

modelo, materiales y periodo de vida útil de los diferentes materiales e instrumentos incorporados.

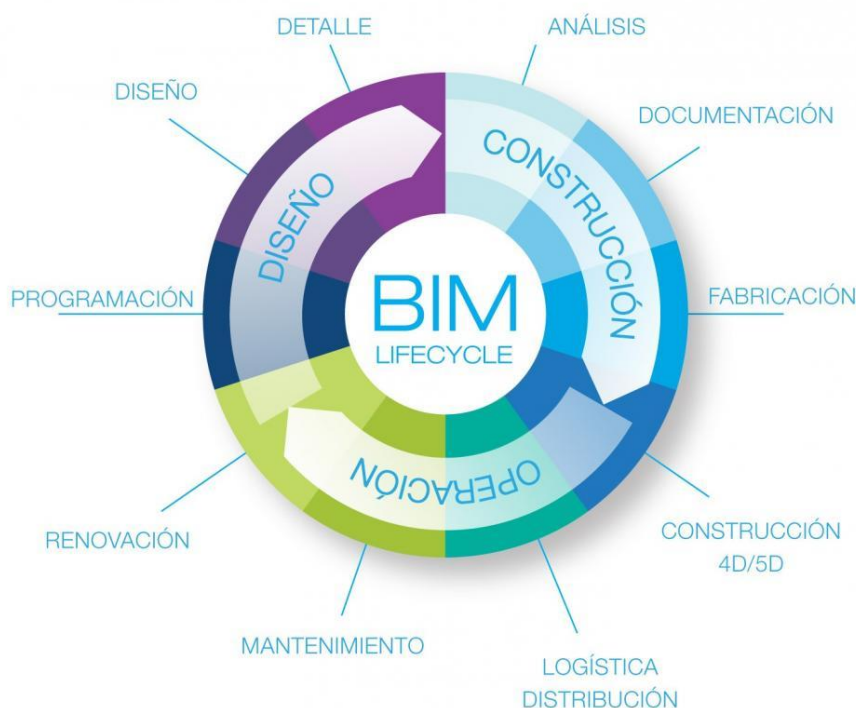


Ilustración 14: Ciclo de vida BIM. Fuente: <https://www.innova-rd.com/bim/>

Digitalización completa de un proyecto y visualización del resultado real.

La digitalización en detalle de todos los elementos integrantes de un proyecto ofrecida por BIM, ofrece la posibilidad de visualizar el estado final del proyecto aún en fase de diseño mediante gafas de realidad virtual, permitiendo al cliente o al director del proyecto "caminar" virtualmente por el interior de la instalación o la infraestructura, tal y como os mostramos en el siguiente vídeo. Además, la digitalización del modelo permitirá también realizar maquetas de manera

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado "Memoria"	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

automática con impresoras 3D, o proyectar distintas partes de la instalación en realidad aumentada encima de la mesa de reuniones.

4.IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE ACCIÓN BIM

4.1 Organización

Para desarrollar un proyecto donde se implemente la metodología BIM, necesitaremos disponer de una entidad u organización que disponga de los agentes necesarios para llevar a cabo las diferentes tareas para implementar BIM con éxito. En nuestro caso lo más adecuado será plantearnos una organización dedicada a la ingeniería de construcción. El siguiente paso será realizar un análisis para conocer la organización y sus diferentes factores relacionados con el proyecto.

La organización operará tanto en proyectos de diseño relacionados con estructuras y instalaciones como en proyectos de construcción i gestión de obras (licitación, aspecto ambiental) y los actores mencionados a continuación formarán parte de dicha entidad:

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado "Memoria"	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

- **Directivos:** Serán los máximos responsables de la implementación, y se encargarán de las directrices que guíen al resto de agentes durante la misma implementación. Ellos son los que fijarán las metas de la implementación y el plan de acción.
- **Diseñadores y dibujantes:** Equipo técnico, formado por arquitectos e ingenieros. Estos deberán tener conocimiento o aprender a dominar las herramientas BIM para asegurar la calidad de la implementación del diseño, ya que el software puede apoyar en muchas facetas del proceso creativo. También tendrán que poseer un alto control del software CAD, ya que tendrán que plasmar el diseño de manera eficiente
- **Administración:** Serán los encargados de cualquier trámite administrativo que pueda necesitarse durante la fase de implementación.

4.2 Organigrama de la entidad



 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado "Memoria"	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

4.3 Factores que analizar en la organización

- Tipología de proyectos que se desarrollan
- Ciclo de vida del proyecto a desarrollar

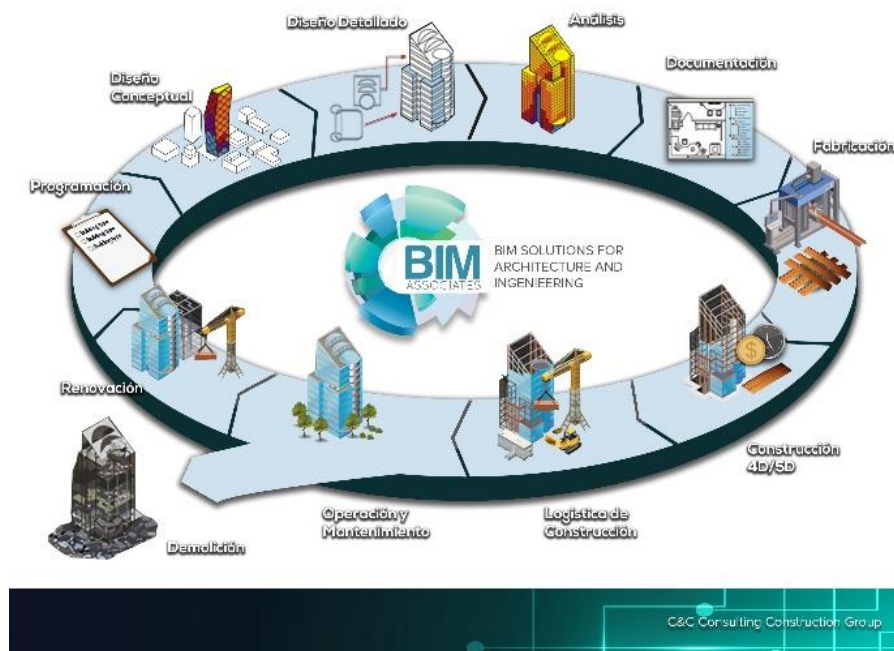


Ilustración 15: Ciclo completo de un proyecto implementando metodología BIM. Fuente: <https://www.grupovalero.com/valero-primer-fabricante-eps-nivel-nacional-generar-productos-bim/ciclo-de-vida-del-proyecto-con-bim/>

- Identificar las necesidades del cliente a satisfacer
- Elección de un equipo óptimo para llevar a cabo el proyecto

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado "Memoria"	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

4.4 Objetivos de la implementación.

Si analizamos la guía sobre BIM gratuita que nos proporciona Autodesk, nos indica como plantearnos nuestros objetivos tanto generales como particulares al adoptar la metodología BIM, teniendo en cuenta los plazos proyectados y el sistema de medición del éxito de estos objetivos.

El Gerente de la operación será el que defina y ponga limitaciones a estos objetivos, en función de la organización que lleva a cabo el proyecto y como estos se pueden coordinar a la forma de trabajar propia de la empresa

En la guía proporcionada por Autodesk las primeras preguntas a realizar hacen referencia a las características de la organización. ¿Cuál es la visión organizacional? ¿Cómo las tecnologías BIM complementan y mejoran la visión organizacional? Y ¿Cómo las tecnologías BIM alteran la visión organizacional?

El campo de acción de la entidad nos determinará qué tipo de modelos hay que desarrollar y se definirán las vías de comunicación del modelo (agentes que lo comparten, etapas donde será necesaria la comunicación). Esto se tendrá que establecer correctamente ya que será muy determinante cuando posteriormente procedamos a elegir el software más adecuado para nuestros intereses.

Los modelos podrán ser de varios tipos (estructura, instalaciones, sanitarias, tuberías, arquitectura) y analizar detenidamente que funciones del modelo usaremos y cuál es el objetivo de nuestro modelo (detectar problemas constructivos, controlar costes, construir, mejorar el desarrollo del proceso) ya que eso nos indicará que camino a seguir es el más efectivo y que tenemos que hacer para asegurar el éxito de nuestro proyecto.

Una vez planteadas todas estas cuestiones y ver las diferentes posibilidades que ofrece esta metodología, teniendo en cuenta las características de nuestro proyecto (recursos, agentes que intervienen) podremos decidir con más exactitud como gestionar las diferentes fases de la implementación de las herramientas BIM

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado "Memoria"	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

4.5 Elección del Software BIM

En función de nuestra organización, del proyecto a realizar y de los objetivos a cumplir, elegiremos el software BIM que más se adapte a nuestra manera de trabajar y que nos pueda proporcionar los mejores resultados. Es fundamental darle la importancia y dedicarle tiempo a esta decisión, ya que tendrá una influencia determinante en varios aspectos del proyecto proporcionándonos beneficios si se hace correctamente como inconvenientes si lo hacemos de manera precipitada y sin estudiar las diferentes posibilidades.

Los principales y más conocidos software BIM son:

REVIT (AUTODESK)



Ilustración 16: Logotipo del software Revit. Fuente: Autodesk

Este software es la propuesta de Autodesk para sustituir al AutoCAD en lo referente a las herramientas BIM. Cuando hablamos del aspecto colaborativo, Revit es el software más utilizado por los profesionales a la hora de realizar proyectos.

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado "Memoria"	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

Debido a la utilización generalizada, las herramientas de soporte han sido desarrolladas en la propia casa de software y en la comunidad de usuarios, utilizando plataformas como foros o redes sociales para promocionar sus capacidades como ayuda, dando lugar a un servicio muy completo. La cobertura de solución de problemas es muy completa y siempre encuentras algún método a tu disposición, de manera rápida y efectiva.

Uno de los beneficios que conlleva Revit es su conectividad completa con todos los otros productos creados por Autodesk: Naviswork, Dynamo, BIM 360 y AutoCAD. Otro punto a tener en cuenta es que los softwares diseñados por terceros usualmente tienen compatibilidad con este programa. Aunque los aspectos colaborativos de este programa pueden ser una de sus fortalezas, están en constante desarrollo y mejora continua.

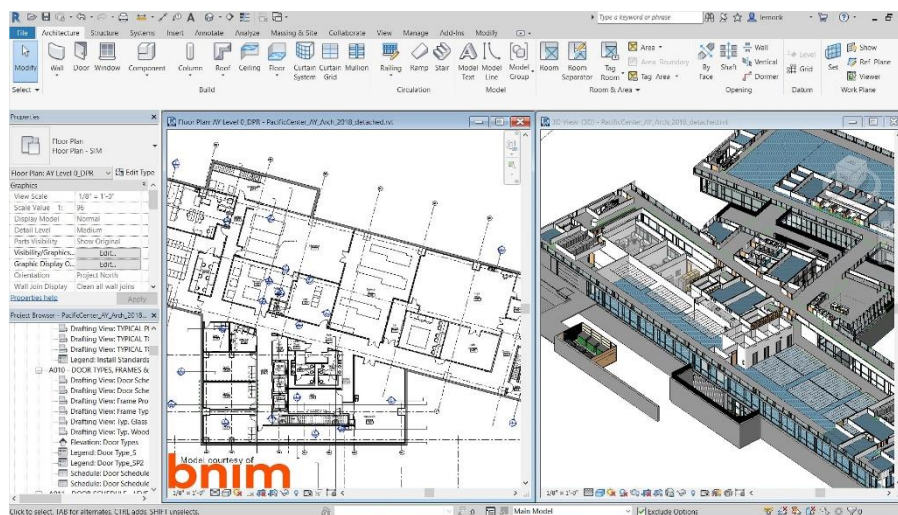


Ilustración 17: Interfaz del software Revit. Fuente: bnm.com

Al ser uno de los programas más solicitados, uno de los problemas que pueden surgir es que la competencia para las posiciones de modelado BIM sea muy intensa. Esto significa que será difícil destacar del resto de profesionales de la manera convencional. También cabe recalcar que Revit no es compatible con los sistemas Macintosh, y Windows es el sistema operativo más usado por los usuarios a través de programas como Bootcamp o Parallels.

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado "Memoria"	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

ARCHICAD (Graphisoft)

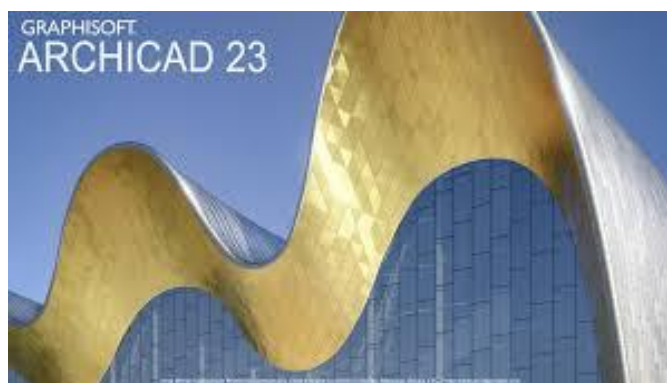


Ilustración 18: Logotipo del software Archicad. Fuente: Graphisoft

ArchiCAD se encuentra en segundo lugar en cuanto a los softwares BIM más utilizados por arquitectos, ingenieros y constructores. El punto fuerte de ArchiCAD es su interfaz, ya que es muy intuitiva y el modelado y detallado del proyecto en cuestión es muy flexible y ofrece muchas posibilidades. El servicio de soporte es menor que el de Revit debido a que la comunidad de usuarios que usan este software es de menor dimensión.

Graphisoft ha apostado por la innovación, con algunos ejemplos como la nueva herramienta de Escaleras, añadiendo la tecnología Predictive Design. ArchiCAD añade en cada nueva versión que saca al mercado mejoras en rendimiento, productividad, OpenBIM y en sus aspectos visuales.

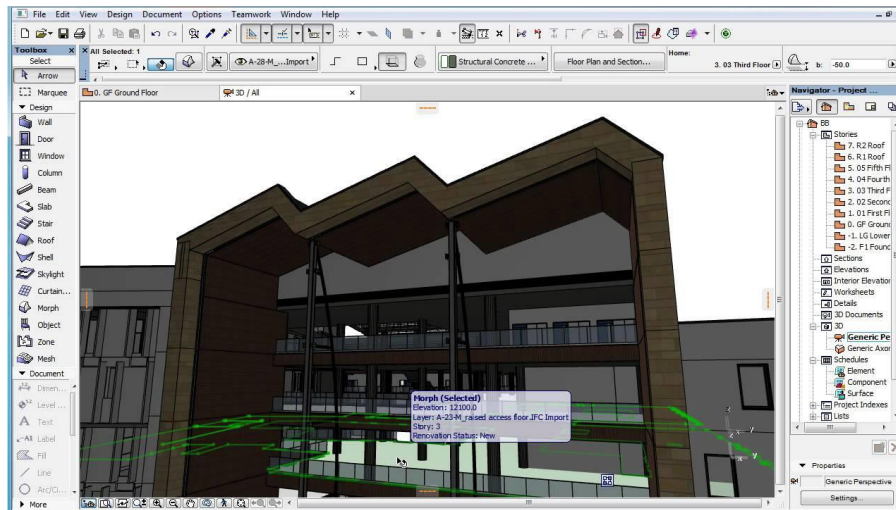


Ilustración 19: Interfaz de ArchiCAD. Fuente: bimcommunity.com

ArchiCAD se creó inicialmente en sistemas Mac, teniendo un soporte nativo, aunque trabajar con Mac tiene restricciones debido a que muchos de los softwares de soporte más utilizados no son compatibles. También existen softwares de soporte para Mac, aunque se encuentran aún en desarrollo y ofrecen posibilidades inferiores que los usados en Windows. Las diferencias entre Revit y ArchiCAD no son muy significativas, pero cada programa tiene sus ventajas respecto al otro que debemos tener en cuenta a la hora de empezar un proyecto con un estilo de trabajo determinado.

ALLPLAN (Nemetschek)

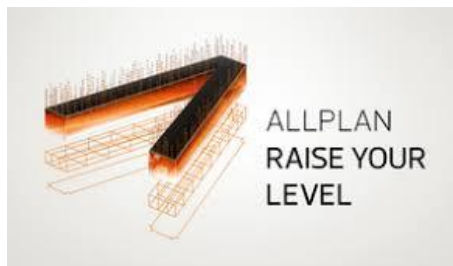


Ilustración 20: Logotipo de Allplan. Fuente: Nemetschek

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado "Memoria"	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

El software BIM Allplan fue concebido en Alemania en 1984, y su uso se encuentra principalmente concentrado en su país de origen, aunque se ha ido extendiendo la utilización en otros países del continente europeo.

La principal ventaja de Allplan es que ofrece a las empresas que trabajan con flujos de trabajo en 2D poder pasar a 3D sin perder ninguna de las partes realizadas con anterioridad, facilitando a los usuarios familiarizados al 2D su utilización. Sus propios desarrolladores lo describen como "un sistema CAD orientado a BIM"

Nemetschek nos presenta este programa como un conjunto de soluciones amplio para un proyecto BIM relacionadas con la arquitectura y la ingeniería, gestión de instalaciones y costes teniendo en cuenta un ciclo de vida completo de un proyecto constructivo.

Una de sus principales desventajas es la falta de soporte comunitario en foros o redes sociales, aunque la empresa desarrolladora ofrece una gran cobertura de servicios para Allplan. Sin embargo, los usuarios especializados en Allplan tienen una demanda muy importante de las organizaciones que usan este software.

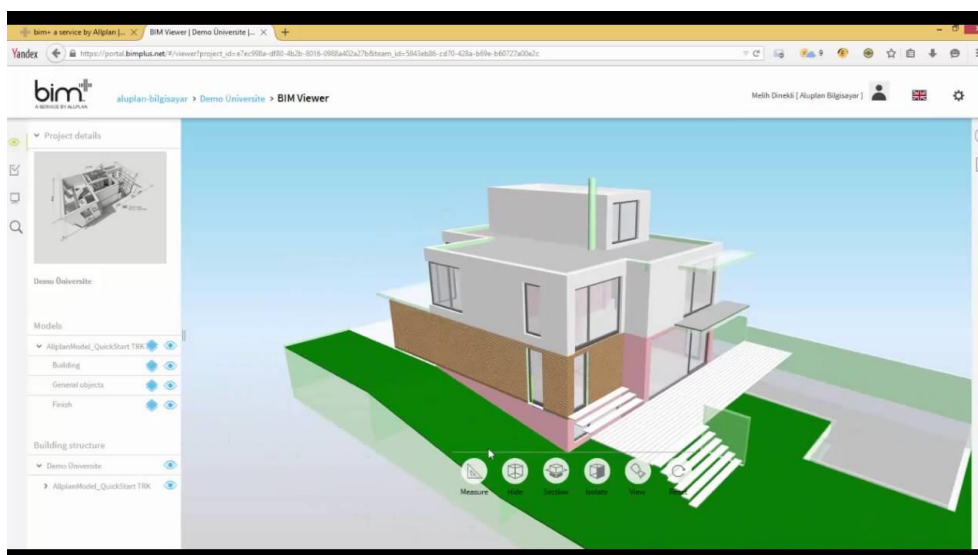


Ilustración 21: Interfaz de Allplan. Fuente: bimcommunity.com

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado “Memoria”	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

AECOSIM BUILDING DESIGNER (Bentley Systems)



Ilustración 22: Logotipo Aecosim. Fuente: Bentley Systems

Este software es el sucesor del software BIM de Bentley para Microstation, posicionándose como la mejor opción si hablamos del apartado de infraestructuras. El eslogan de sus desarrolladores deja claro su punto fuerte: “Bentley Systems: Advancing Infrastructure”.

Debido a la facilidad de la empresa Bentley para agilizar el intercambio de datos en grandes proyectos de una manera óptima (hecho que le destaca dentro del mercado), podrían colapsar el trabajo que se está realizando en un modelo BIM por un exceso de información proporcionada.

Una de las ventajas de este software es que al contrario que los otros programas mencionados, no prioriza la arquitectura como la parte más importante del proyecto, si no que analiza el ciclo de vida al completo de un proyecto dándole importancia a otros factores dándole a los ingenieros especializados en el ámbito civil un abanico de opciones que no podrían encontrar en otros programas.

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado "Memoria"	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

AECOSim (Arquitectura, ingeniería, construcción y operaciones) está orientado a proyectos y trabajos a gran escala, con proporciones que los sitúan como los proyectos de mayores dimensiones y presupuesto del planeta.

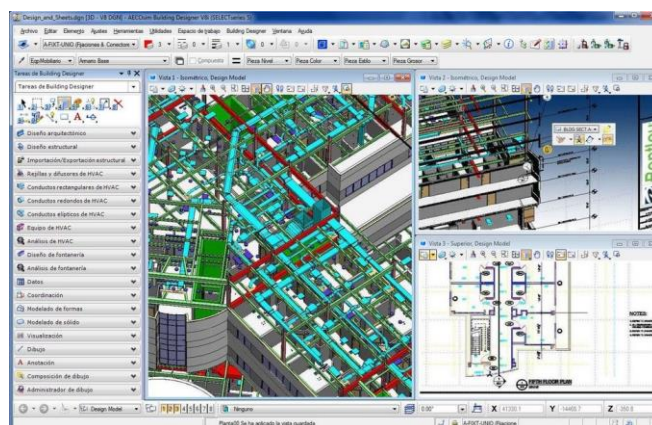


Ilustración 23: Interfaz Aecosim building designer. Fuente: aecbytes.com

CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta los diferentes puntos vistos en este análisis, y sabiendo las diferentes ventajas e inconvenientes de los diferentes tipos de software se podría concluir lo siguiente:

- Para poder compatibilizar la mayoría de software dentro del campo BIM, obtener la máxima empleabilidad y recibir el máximo soporte posible tanto dentro de la comunidad como por otro medio, Revit y ArchiCAD son la opción más adecuada. Para decidir entre uno de ellos hay que tener claros el alcance de cada uno, los beneficios y las restricciones.
- Si hablamos de un perfil en el mundo laboral orientado a las infraestructuras AECOSim se posiciona como líder, dando la opción de tener muchas oportunidades en grandes multinacionales que quieran realizar los proyectos de la mayor envergadura posible, y al

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado "Memoria"	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

convertirse en un usuario avanzado se tiene una alta demanda para participar en megaproyectos de alrededor del globo.

- El uso de Allplan está orientado hacia para usuarios que limiten su vida profesional a empresas situadas en el continente europeo, y fuertemente recomendado para usuarios que quieran desarrollar sus proyectos en territorio alemán.

4.6 Fases de implementación de las herramientas.

La correcta ejecución de los diferentes factores que influyen en nuestra implementación en una ingeniería dependerá del nivel de conocimiento y experiencia del equipo en cuestión. La separación en diferentes partes o fases del proceso ayudará a una mejor comprensión y adaptación. El primer paso es una buena formación previa a la gestión del proyecto y los recursos tecnológicos adecuados a nuestro proyecto

El problema que puede surgir a la hora de implementar las herramientas BIM es el procedimiento seguido por los trabajadores para seguir con el trabajo que se ha realizado de manera simultánea. Eso es debido a que la BIM es una tecnología innovadora en la que se introduzcan formas nuevas de proceder diferentes a los conocimientos anteriormente aplicados, que necesitan muchas horas para poder ser realizados con éxito y poder sacar el máximo beneficio de esta nueva forma de trabajo.

Primero hay que concienciar al equipo en cuestión de las diferencias que presenta el cambio del sistema CAD a las herramientas BIM, para que entiendan los beneficios que aporta y la nueva manera de operar para comunicárselo al cliente de manera óptima, e informar correctamente de los plazos de realización y las posibles dificultades que puedan surgir.

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado "Memoria"	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

4.7 Gerente del BIM

Debido a que los proyectos BIM están en auge, cada vez los modelos son una herramienta compartida más usuarios, y eso ha generado la necesidad de designar a un responsable que se encargue de gestionar todo ese tipo de información. Esa persona es conocida como BIM Manager o Gerente del BIM. El BIM Manager coordina y administra todo el proceso BIM dentro de un proyecto, así que no es un simple usuario del sistema BIM.

Este debe garantizar que la información fluya correctamente y que los procesos de desarrollen de manera correcta, ya que deben cumplirse las especificaciones exigidas por los clientes independientemente de su carácter interno o externo.

El BIM Manager debe tener siempre presente y conocer a la perfección el sistema implementado, los objetivos y limitaciones del proyecto, controlar toda la información necesaria y la utilidad de esa información, para optimizar las funciones de las herramientas del sistema

- **Control y gestión de estándares:** Es el conocedor de los estándares propios del sistema en uso, el paquete de softwares elegidos y la compatibilidad de estos. Esto es debido a que el sistema BIM abarca muchas tipologías diferentes de información (topográfica, geográfica, eléctrica, y el gerente debe tener claro cuándo, cómo, y en que formato se debe presentar la información:
- **Estándares Adicionales:** También debe tener control sobre los estándares añadidos por el ambiente de trabajo (aprobaciones, controles y limitaciones) y ciertos requerimientos propios de cada organización y/o proyecto.
- **Coordinación del equipo BIM:** El Manager debe gestionar las relaciones entre los diferentes agentes que participan en el proyecto, asegurando la calidad del trabajo presentado y el cumplimiento de los plazos establecidos.

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado "Memoria"	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

- Gestión de distribución y versiones: Controla quién tiene acceso a las diferentes partes del modelo para minimizar errores. Tiene el deber de evitar que versiones obsoletas generen confusión entre el equipo de trabajo y provoquen errores.
- Control de cambios y actualizaciones: Este debe asegurarse de los cambios realizados en las diferentes partes del modelo se retroalimenten, para obtener un modelo final preciso a partir de un proceso claro y ordenado donde los agentes no invaliden el trabajo de otros agentes.
- Finalización y entrega: Una vez terminado el proceso es el encargado de entregar la información a los clientes en el formato requerido, para asegurar que no haya quejas ni reclamaciones por incongruencias.

Perfil del BIM Manager

- Ordenado y metódico: El BIM Manager debe manejar la información de forma exacta y precisa, de manera que no puede improvisar soluciones diferentes cuando los conflictos en el modelo surjan porque provocará una falta de entendimiento entre los miembros de la plantilla. Hay que saber distinguir entre las personas sistemáticas y ordenadas por personalidad propia, de las que lo son porque están fuertemente obligadas a ello.
- Experiencia en el campo: En lo que se refiere a ámbito constructivo, debe de entender toda la información que está manejando para poder gestionarla de la mejor manera posible, y eso significa que debe tener unos conocimientos en las diferentes áreas relacionadas con la construcción bastante elevados.
- Relaciones laborales y optimizar recursos: Éste debe ser capaz de mantener interacciones satisfactorias para el trabajo de manera bidireccional, tanto con el nivel superior como con

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado "Memoria"	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

el inferior, independientemente de características como la profesión, la cultura, o el nivel de experiencia de éstas, enfocándose en afrontar lo mejor posible los objetivos a satisfacer.

- **Movilidad continua:** A la hora de trabajar, si no se siente cómodo en constante movimiento y es una persona sedentaria, tendrá problemas ejerciendo, ya que puede requerirse que se vaya desplazando de la oficina central a un departamento concreto, del departamento a una reunión con el cliente, de la reunión a la central del proveedor para solucionar cualquier problema inesperado, siendo capaz de realizar las funciones establecidas haciendo uso de las tecnologías de comunicaciones existentes que ofrecen infinitas posibilidades.
- **Identificar potencial y delegar:** El BIM Manager es parte del equipo de proyecto, y aunque es el máximo responsable de la gestión, no actúa en solitario. Para afrontar de la mejor manera posible las diferentes tareas a realizar, el conocer las virtudes y defectos de tu equipo ayudará a gestionar mejor la relación entre el flujo de trabajo y los agentes adecuados que den el máximo rendimiento en su campo.

4.8 Equipo Piloto

Para gestionar un proyecto con metodología BIM se crea un equipo de trabajo en el cual se definen los roles y responsabilidades en el Plan de Ejecución BIM o BEP (BIM Execution Plan) que se reflejarán en el contrato. Al igual que el Plan de Ejecución BIM, éste es un documento vivo que se adaptará a cada tipo de proyecto, organización y fase del ciclo de vida.

La gestión de un proyecto BIM se lleva a cabo por todo el equipo de trabajo. Antes de seguir habría que recalcar los siguientes puntos:

- En la gestión de un proyecto BIM los roles no son cargos en la empresa, son funciones y responsabilidades asignados en el equipo de trabajo.

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado "Memoria"	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

- Un rol puede ser realizado por más de un miembro del equipo de trabajo.
- Un miembro del equipo de trabajo puede asumir más de un rol.
- Los miembros del equipo de trabajo deben ser competentes para desempeñar el rol asignado.
- Los miembros del equipo de trabajo deben tener autoridad para desempeñar el rol asignado.
- Los roles pueden pasar de una actividad a otra durante el ciclo de vida de un proyecto BIM.

4.9 Propuesta de roles en nuestro equipo BIM

En nuestro caso, usaremos un equipo convencional con los roles básicos para llevar a cabo un proyecto de dimensiones comunes: Una vivienda unifamiliar de 400 m² de 2 plantas complementado con elementos estructurales e instalaciones hidrosanitarias y eléctricas.

Nuestro equipo estará formado por diferentes profesionales con experiencia en el sector de la construcción: Un BIM coordinator, 2 BIM modeler (un ingeniero de apoyo y un director de obra), un BIM analyst, un BIM designer y un BIM manager.

- Contratista/BIM coordinator

Es el agente responsable de coordinar el trabajo dentro de una misma disciplina, con la finalidad de que se cumplan los requerimientos del Director Técnico BIM. Realiza los procesos de

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado "Memoria"	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

chequeo de la calidad del modelo BIM, y que éste sea compatible con el resto de las disciplinas del proyecto.

Habr  tantos Coordinadores BIM como especialidades incluya el proyecto (diseño, estructura, MEP, sostenibilidad, seguridad y salud, calidad ...etc.).

Estas son sus funciones y responsabilidades:

- Coordinar el trabajo dentro de su disciplina.
- Realizar los procesos de chequeo de la calidad del modelo BIM.
- Asegurar la compatibilidad del modelo BIM con el resto de las disciplinas.

- Dirección de obra/BIM modeler

Es la persona responsable del modelado de acuerdo con los criterios recogidos en el BEP.

Estas son sus funciones y responsabilidades:

- Debe estar especializado en construcción, ya que "se modela como se construye".
- Proporciona información fundamental para todas las disciplinas involucradas utilizando herramientas de software BIM.
- Exportación del modelo 2D.
- Creación de visualizaciones 3D, añadir elementos de construcción para los objetos de la biblioteca y enlace de datos del objeto.
- Debe seguir en su trabajo los protocolos de diseño.
- Coordina constantemente y con cuidado su trabajo con las partes externas tales como arquitectos, ingenieros, asesores, contratistas y proveedores.
- Posee técnicas y habilidades capaces para arreglar, organizar y combinar la información.

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado "Memoria"	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

- Mantener su enfoque en la calidad y llevar a cabo sus tareas de una manera estructurada y disciplinada.
- Conocimientos de las TIC y específicamente de estándares abiertos y bibliotecas de objetos.

- Ingeniero/ BIM analyst

Realiza los análisis y las simulaciones basadas en el modelo BIM: analiza el funcionamiento y el rendimiento del edificio, simula las circulaciones del edificio, realiza los análisis de seguridad y el análisis del comportamiento energético.

- Arquitecto/ BIM designer

Es quien administra el diseño, incluyendo la aprobación y desarrollo de la información.

Es quien confirma los resultados de diseño del Equipo de Diseño del Proyecto, EDP (Integrated Design Project Team, IDPT). Firma y aprueba la documentación para la coordinación del diseño de detalle antes de ser compartida.

Estas son sus funciones y responsabilidades:

- Administrar el diseño.
- Aprobar y desarrollar la información.
- Aprobar los resultados del Equipo de Diseño del Proyecto, EDP (Integrated Design Project Team, IDPT).

Es la persona que proporciona, junto con el director de la Gestión de la Ejecución, un enlace de comunicaciones entre los diferentes Equipos de Diseño del Proyecto y los Equipos de Construcción.

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado "Memoria"	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

Es quien coordina, junto con el director de la Gestión de la Ejecución (si se trata de cuestiones que puedan afectar a dicha ejecución), las entregas de diseño de los diseñadores principales, diseñadores de especialidades (estructuras, MEP, etc.) y los subcontratistas, de cara al responsable del Equipo de Construcción para asegurar la entrega oportuna en costo.

- Promotor/ BIM manager

Coordinación de todos los equipos al completo. Dada su importancia merece un apartado en profundidad (4.7).



Ilustración 24: Principales puestos laborales BIM. Fuente: editeca.com

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado "Memoria"	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

4.10 Fase 1: Formación del equipo

Introducción al BIM

El equipo piloto deberá aprender sobre el BIM y los beneficios que comporta al aplicarlo en nuestro desarrollo del proyecto. Estos se basan principalmente en la mejor cohesión de las diferentes partes mediante una mejora sustancial del trabajo colaborativo, respetando el orden de acción añadiendo las diferentes tareas que se vayan realizando.

Primero hay que informarse mediante el diálogo sobre el nivel de BIM del personal para poder medir el actual conocimiento y luego la capacidad de disposición a aprender conceptos nuevos. Una vez realizado este estudio se elegirá la manera de actuar dependiendo de la situación de la plantilla (formación grupal, formaciones específicas individuales).

El objetivo es intentar mejorar en lo posible la cohesión del equipo piloto y conseguir nivelar los conocimientos y el nivel de implicación en nuestro proyecto de todas las partes. El software elegido será determinante ya que la formación la planificaremos en función de nuestro estudio anterior.

Cuantificación y documentación

En esta segunda parte de nuestra formación grupal estudiaremos las funciones de los programas BIM que usaremos durante todo el proyecto, la interfaz y la manera adecuada de trabajar con éstos. Este paso es necesario ya que antes de iniciar el proyecto habría que entender aspectos básicos como la creación de planos y su correcta acotación, las tablas de planificación y la inclusión de etiquetas explicativas para facilitar la comprensión de la información.

Asimismo, deberán conocer los distintos formatos de impresión existentes, para utilizarlos correctamente y que no haya problemas a la hora de exportar los modelos creados en BIM durante las interacciones entre agentes y el intercambio de información. Esto también ayudará a un mejor

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado “Memoria”	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

mantenimiento del proyecto actualizado y a evitar confusión en la creación de las plantillas base de trabajo.

Cabe destacar que los softwares conceden herramientas específicas que en función de nuestro proyecto nos pueden brindar herramientas muy útiles si realmente conocemos su modo de uso, hecho que hace interesante ofrecer formación exhaustiva sobre esas herramientas concretas. Un ejemplo sería la creación y edición de familias MEP en el software Revit

Modelado y coordinación BIM

En esta parte nos adentraremos más en el modelado de los diferentes sistemas de instalación necesarios, como por ejemplo mecánicos, eléctricos o de fontanería. Esta puede resultar la fase más compleja de la formación, pero sin duda será la más útil ya que aplicaremos conceptos y procedimientos que se relacionarán de alguna manera con sus tareas habituales.

Debido a esto necesitaremos un mayor número de horas lectivas que en el resto de las fases, a la vez que una mayor inversión y coste. También será necesaria una mayor implicación de nuestro equipo de trabajo, ya que es donde realmente se convertirá en un equipo especializado en BIM y eso supone un gran desafío.

Los campos que se deberán conocer son los modelos de arquitectura vinculados, así como la configuración de las coordenadas que serán compartidas durante todo el proyecto. También centraremos en las instalaciones de fontanería y saneamiento, así como las condiciones de climatización de los espacios y distribución del aire climatizado. Por último, se estudiará el cableado, la creación de circuitos interruptores y por último las instalaciones de suministro eléctrico asociadas a los cuadros eléctricos mediante cargas

Esta última fase puede ser realizada de forma más específica y de manera más individual, incidiendo solamente en las labores del agente encargado de desarrollar esa parte del proyecto. Una vez acabada esta última fase, se comprobará que el conocimiento ha sido adquirido y que la

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado "Memoria"	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

formación ha resultado satisfactoria realizando un seguimiento del equipo durante el desarrollo del proyecto piloto, mediante reuniones grupales y consultorías con agentes especializados en la BIM que puedan guiar el rumbo de la tarea si hubiera algún concepto que no se ha captado o se ha hecho de manera errónea.

4.11 Fase 2: Proyecto Piloto

Dentro del proceso de implementación hemos de realizar un primer proyecto en BIM para poner a prueba tanto a las personas como los equipos informáticos y las metodologías.

Para que este proyecto de prueba sea estimulante, los cinco puntos a tener presente son:

1. Sea un proyecto interno, desvinculado a facturación o entregas a clientes.
2. Procuremos que nuestro despacho de arquitectura de referencia nos facilite un modelo BIM sobre el que poder modelar nuestras instalaciones. Así también comprobaremos el nivel colaborativo que esta metodología nos exige.
3. Que la dimensión del proyecto sea mediano o pequeño respecto a los proyectos que realizan habitualmente.
4. Que el tipo de proyecto sea lo más usual posible para la organización y el equipo. A poder ser, replique un proyecto ya realizado en CAD.
5. Asignar recursos realistas a este proyecto, o corremos el riesgo de postergarlo indefinidamente, lo que suele crear frustración.

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado "Memoria"	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

Fases

Primero, es necesario cuantificar cuantas fases constructivas serán necesarias en nuestro proyecto para poder incluir todos los elementos deseados, teniendo en cuenta cada etapa del proyecto para llevar un seguimiento del desarrollo de cada tarea a realizar de manera ordenada y sistemática.

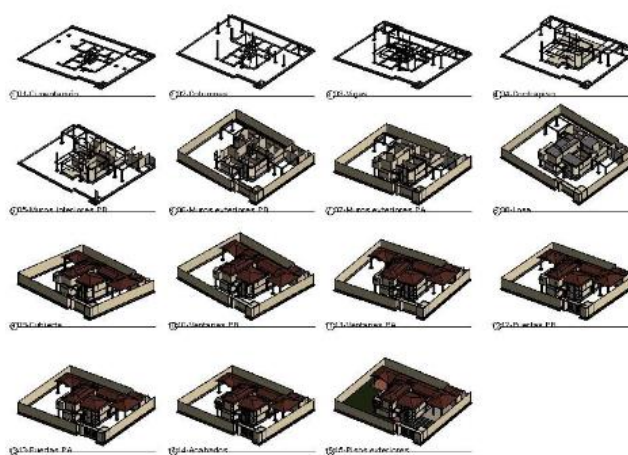


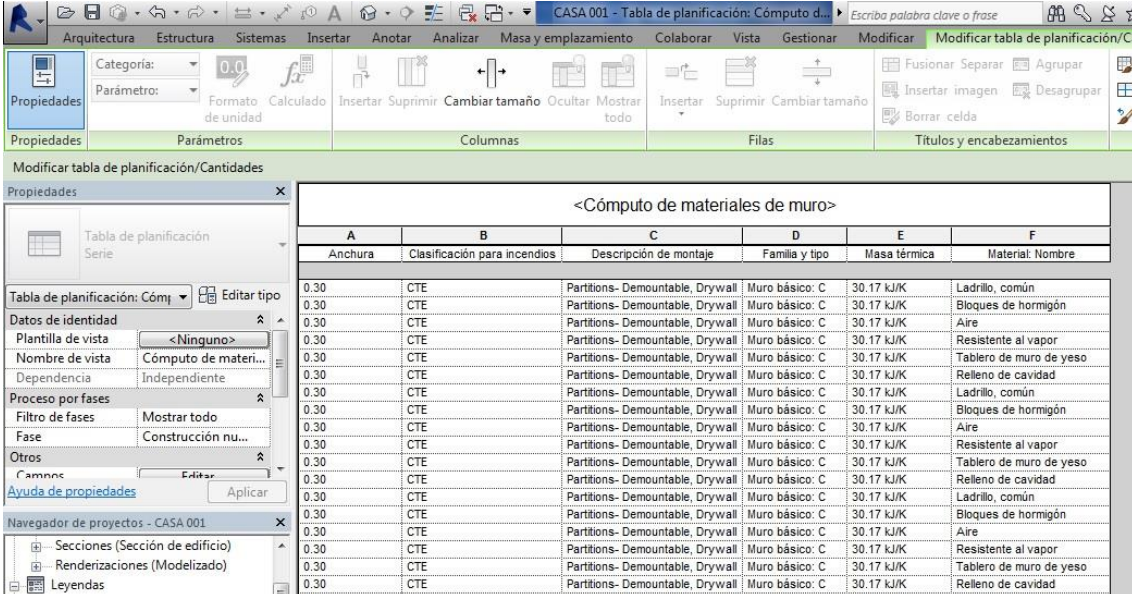
Ilustración 25: Diferentes fases del proyecto constructivo. Fuente: slideplayer.es

Datos y tablas

Los datos referentes a los elementos constructivos quedan recogidos en tablas, como el modelo del elemento, el fabricante, la tipología o cualquier dato de relevancia. Aquí también cuantificaremos materiales de obra para su posterior control y manejo dentro de los presupuestos y cronograma. Estas tablas se pueden importar a Excel, que nos ofrece un manejo de datos más sencillo y eficiente.

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado "Memoria"	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

En esas tablas se incluye cualquier parámetro directamente relacionado con el control de obra, como Cantidad de material, coste, fabricante, medidas de área y volumen o descripción general.



A	B	C	D	E	F
Anchura	Clasificación para incendios	Descripción de montaje	Familia y tipo	Masa térmica	Material: Nombre
0.30	CTE	Partitions- Demountable, Drywall	Muro básico: C	30.17 kJ/K	Ladrillo, común
0.30	CTE	Partitions- Demountable, Drywall	Muro básico: C	30.17 kJ/K	Bloques de hormigón
0.30	CTE	Partitions- Demountable, Drywall	Muro básico: C	30.17 kJ/K	Aire
0.30	CTE	Partitions- Demountable, Drywall	Muro básico: C	30.17 kJ/K	Resistente al vapor
0.30	CTE	Partitions- Demountable, Drywall	Muro básico: C	30.17 kJ/K	Tablero de muro de yeso
0.30	CTE	Partitions- Demountable, Drywall	Muro básico: C	30.17 kJ/K	Relleno de cavidad
0.30	CTE	Partitions- Demountable, Drywall	Muro básico: C	30.17 kJ/K	Ladrillo, común
0.30	CTE	Partitions- Demountable, Drywall	Muro básico: C	30.17 kJ/K	Bloques de hormigón
0.30	CTE	Partitions- Demountable, Drywall	Muro básico: C	30.17 kJ/K	Aire
0.30	CTE	Partitions- Demountable, Drywall	Muro básico: C	30.17 kJ/K	Resistente al vapor
0.30	CTE	Partitions- Demountable, Drywall	Muro básico: C	30.17 kJ/K	Tablero de muro de yeso
0.30	CTE	Partitions- Demountable, Drywall	Muro básico: C	30.17 kJ/K	Relleno de cavidad
0.30	CTE	Partitions- Demountable, Drywall	Muro básico: C	30.17 kJ/K	Ladrillo, común
0.30	CTE	Partitions- Demountable, Drywall	Muro básico: C	30.17 kJ/K	Bloques de hormigón
0.30	CTE	Partitions- Demountable, Drywall	Muro básico: C	30.17 kJ/K	Aire
0.30	CTE	Partitions- Demountable, Drywall	Muro básico: C	30.17 kJ/K	Resistente al vapor
0.30	CTE	Partitions- Demountable, Drywall	Muro básico: C	30.17 kJ/K	Tablero de muro de yeso
0.30	CTE	Partitions- Demountable, Drywall	Muro básico: C	30.17 kJ/K	Relleno de cavidad

Ilustración 26: Tabla de materiales en Revit para un elemento constructivo. Fuente: yolandamuriel.com

Cronología

Siguiendo la línea de planificación podemos representar la cronología del avance del proyecto mediante diagramas de "Gantt" de acuerdo con las fases constructivas anteriormente mencionadas. Esto nos permitirá realizar comparaciones entre los tiempos de obra programados y los tiempos reales de ejecución por fases.

En este punto sería conveniente realizar una simulación de fases para poder descubrir posibles retrasos y maximizar los tiempos de ejecución adelantándonos a los posibles problemas que se puedan ocasionar, manteniendo un mejor control sobre los costes totales.

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH <small>Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa</small>	Trabajo de Fin de Grado "Memoria"	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

Planificación de herramientas BIM en la obra

De las múltiples tareas encomendadas al Jefe de Obra, la planificación posiblemente sea una de las más difíciles (tanto en hacerla como en cumplirla) y menos agradecida de realizar. Esta parte se realiza mediante un software tipo Microsoft Project, en el cual podemos crear vínculos entre las tareas y las podemos gestionar de una forma automática, y otro ejemplo podría ser un diagrama de Gantt.

En esta parte del proyecto estamos realizando una aproximada previsión de cómo se desarrollarán los acontecimientos durante el proyecto. Planteamos muchas hipótesis y jugamos con muchas variables para conseguir un objetivo. Es evidente que la experiencia y los conocimientos de aquello que vamos a planificar hará que podamos acercarnos más al éxito esperado. Es por esto, que deberíamos emplear herramientas para reducir el factor incertidumbre a la mínima expresión, dejando eso de adivinar el futuro a los profesionales que viven de ello.

Una herramienta muy útil para acotar esta incertidumbre cuando se planifica es emplear el método Last Planner System. Esto es un sistema de planificación colaborativa, el cual se empieza a relacionar con el BIM, aunque se inventó antes. De hecho, se aplica en obras en las que el BIM no se deja ni ver. El éxito de este sistema, si se implanta de forma correcta, es debido, básicamente, a estos factores:

- La planificación se realiza de forma conjunta entre la constructora, industriales, subcontratas, etc., pudiéndose incorporar otros personajes como la Propiedad, DO, etc.
- Se acota en un periodo de tiempo más corto y fácil de controlar.
- Se obtienen los compromisos de los agentes implicados para poder cumplir el objetivo común.

Todo esto, evidentemente, tiene un coste, pero sin duda será inferior a los beneficios obtenidos. Por poner un ejemplo, habrá una mayor dedicación de tiempo de los responsables para realizar estas reuniones.

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado "Memoria"	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

Esto se verá recompensado, por ejemplo, por el hecho de que los operarios podrán realizar los trabajos en obra de una forma más efectiva y eficiente, tras una minuciosa planificación previa a estos trabajos. Que un equipo de obra tenga que marcharse por motivos relacionados a una mala planificación o ausencia de ella, eso tiene un coste que alguien deberá asumir, el cual puede ser causa de discusiones.

Antes de pensar en la estrategia y/o en el software que podemos emplear en obra, hay que tener claro qué partido le podemos sacar y cómo realizar una visualización virtual del proceso constructivo de nuestra obra. Los motivos por los que hacerlo no nos aporte valor añadido a nuestro trabajo pueden ser:

- Realizar un BIM 4D en obras o procesos que no aporta nada en especial a nuestros conocimientos.
- No emplear el software y/o estrategia adecuada.
- No realizarla en el momento preciso.

Por el contrario, la correcta aplicación de realizar un BIM 4D puede ahorrarnos tiempo, disgustos y, en definitiva, dinero. Estos podrían ser algunos de los principales usos en la planificación de:

- Obras singulares de cierta complejidad constructiva o de gran volumen.
- Partes de una obra que requieran un estudio más minucioso.
- Estudio para visualizar como pueden afectar nuestras obras a usuarios ajenos o no a la misma.
- Instalación, montaje, desmontaje, derribo de elementos y/o sistemas auxiliares ya sean fijos o temporales que por su importancia nos interese ver como interacciona con nuestra obra.



Ilustración 28: Planificación de obra en BIM 4D. Fuente: masbim.com

4.12 Herramientas BIM más utilizadas en planificación

Estas son algunas de las herramientas BIM más usadas y conocidas dentro del BIM 4D:

NAVISWORKS

Herramienta muy versátil para realizar multitud de tareas. En el apartado de la planificación es donde está en desventaja frente a sus rivales ya que no permite realizar una planificación con las tareas vinculadas entre ellas:

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado "Memoria"	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

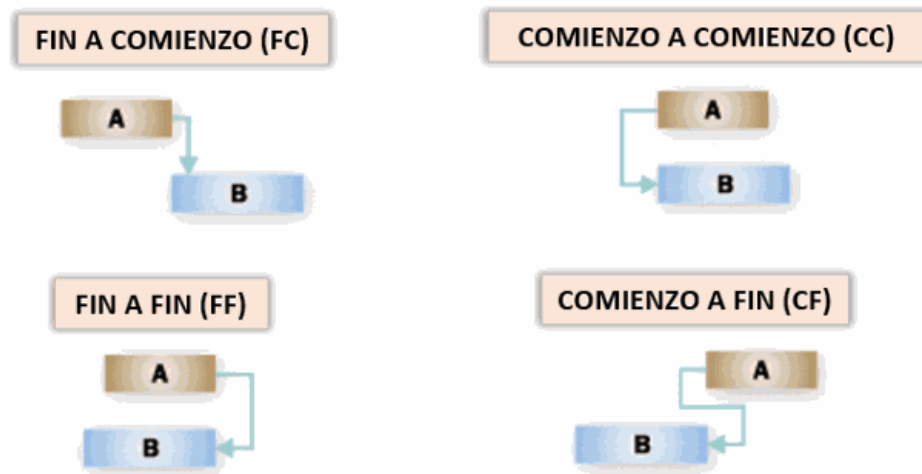


Ilustración 29: Relaciones entre tareas. Fuente: <https://www.slideshare.net/GLASSYSTEM/tipos-de-vnculos-de-tareas>

Realizar aquí una planificación es una tarea muy tediosa y poco productiva. Lo habitual será vincular una planificación realizada, por ejemplo, en Microsoft Project y asociar a las tareas sus recursos, que en este caso serán los elementos del modelo. Para ello es indispensable que el modelo esté muy bien estructurado y modelado, pensando en cómo se va a ejecutar. Un ejemplo típico sería el modelar un forjado dividido en función de sus fases de ejecución, ya que desde Autodesk Navisworks no podremos dividir un forjado. Lo mismo podría pasar con un muro de hormigón.

SYNCHRO

Es una potente herramienta que nos permitirá realizar una planificación como si estuviéramos en un programa tipo Microsoft Project. Aquí es donde radica su potencial a la hora de poder gestionar la planificación, sin tener que depender de otro software. También podremos vincular una planificación realizada con programas tipo Microsoft Project y realizar la asociación de tareas y

recursos de varias formas. Aquí sí es posible dividir un forjado en varios forjados si hubiera estado modelado en uno solo.

VICO OFFICE

Es otra potente herramienta muy similar a Synchro. Nos permite, además, generar diagramas empleando el método de líneas de balance. Además, tiene funciones BIM 5D muy potentes, para mediciones y presupuestos.

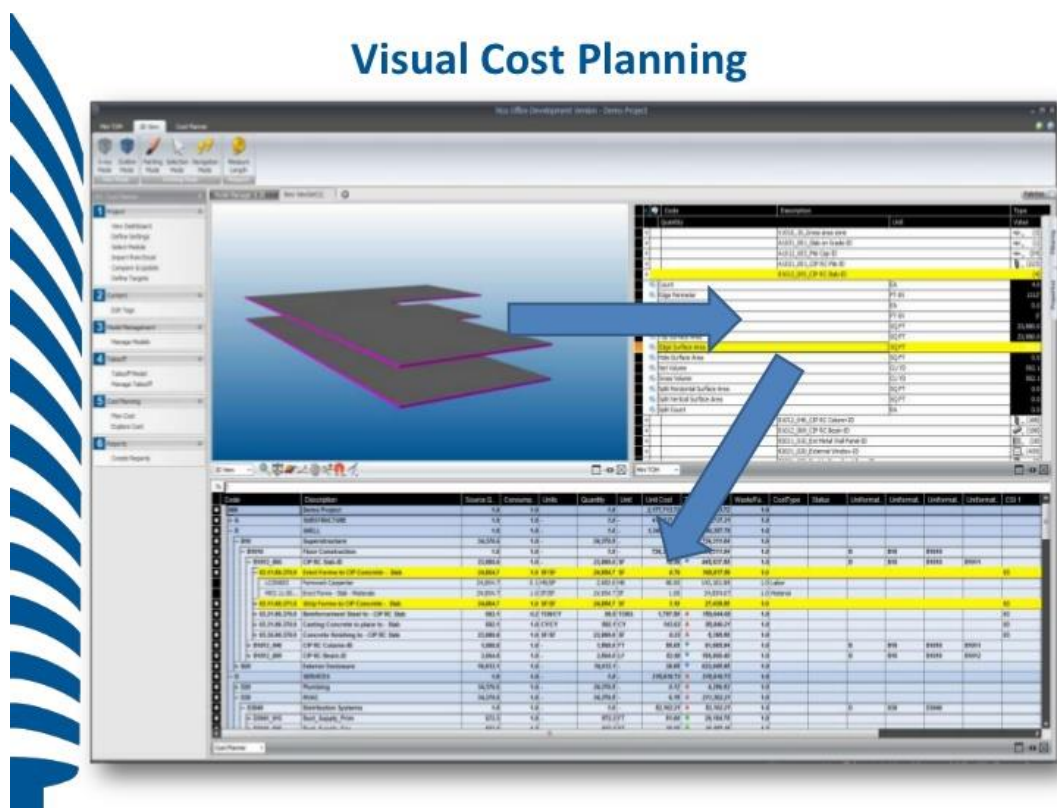


Ilustración 30: Interfaz de medición de costes de Vico office. Fuente: <https://www.slideshare.net/clivejordan/vico-office-5d-bim>

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado “Memoria”	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

Pros y contras

Como todo nuevo proceso o nueva herramienta a implantar en nuestro puesto de trabajo, nos va a generar unos pros y unos contras. En nuestro caso voy a analizar cuáles de ellos nos podremos encontrar si optamos por incorporar a nuestra rutina de trabajo este tipo de herramientas.

PROS

- Rápida y fácil visualización de una planificación.
- Facilidad en la gestión de la planificación a lo largo de la obra.
- Valor añadido de cara a una licitación.
- Fácil aprendizaje en el uso de las herramientas BIM 4D.
- Requerimientos del hardware.

CONTRAS

- Inversión económica en la adquisición del software.
- Inversión de tiempo.

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado "Memoria"	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

Conclusión

Este tipo de softwares son realmente potentes y necesarios si se emplean de forma correcta y en los casos en los que se pueda justificar. Todos se pueden aprender con relativa facilidad, por lo menos en lo que respecta al tema de la planificación. Si se mejorara, en el caso de Autodesk Navisworks, la creación y/o gestión dentro del mismo programa la planificación con vínculos, y se redujeran los precios de los otros dos programas, sería mucho más fácil ver estos programas implantados en obra, llegando a ser tan indispensables para el BIM Manager como los son ahora el propio Microsoft Project u otros programas similares, siempre evidentemente, que haya un modelo BIM 3D en obra y que esté modelado para este fin.

4.12 Indicadores claves de rendimiento (KPI's)

La sigla KPI se utiliza como abreviatura del término inglés *key performance indicator* que se entiende como indicador clave de rendimiento o desempeño. Se trata de una medida que suele expresarse con porcentajes y que sirve como herramienta para valorar el nivel de rendimiento de un proceso, el cual está relacionado con la estrategia a seguir para lograr un objetivo. Con un conjunto de KPI's podemos determinar el estado actual de un negocio, y a partir de ahí, actuar para optimizar el rendimiento de nuestro proyecto.

Las principales ventajas del uso de indicadores KPI son:

- Medición constante, en ocasiones incluso en tiempo real, para actuar de forma flexible y rápida en la optimización de la estrategia o proceso.
- Adaptación del negocio a los cambios continuos del mercado, competencia, clientes, nuevas oportunidades, etc.

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado "Memoria"	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

- Motivación de los empleados y equipos de trabajo para conseguir los objetivos fijados.
- Tranquilidad de inversores, directores y otros grandes cargos relacionados con el negocio.

Definir nuestros KPIs

Los KPIs se definen en función de dos elementos: los objetivos y los datos que podemos obtener. Diríamos entonces que los KPIs son el punto intermedio entre ambos, la forma de trasladar los datos al equipo y directivos con el fin de que estos sean fácilmente entendibles, analizables y aporten conocimiento con relación a los objetivos y estrategia. Hablamos de % de crecimiento, de transformar nuestras mediciones en datos clave de nuestros procesos.

Para definir correctamente los KPIs hay que tener en cuenta:

- ¿Cuáles son los objetivos de la estrategia?
- ¿Qué estrategia se ha definido?
- ¿Qué acciones se van a desarrollar?
- ¿Qué datos se pueden obtener de dichas acciones?

Características de nuestros KPIs

- **Específicos:** Describen exactamente el objetivo a realizar. El proceso debe ser partir del objetivo general e ir derivándolo en pequeños detalles más concretos.
- **Medibles:** Cuantifica el objetivo para saber realmente qué nivel se pretende alcanzar, y sobre todo, para poder medir la evolución y ver si las acciones son suficientes para alcanzarlo.

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado “Memoria”	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

- **Alcanzables:** Para evitar frustraciones en el equipo y conseguir que en realidad la estrategia funcione correctamente la probabilidad de alcanzar las metas debe ser razonable. Hay que analizar la situación actual y tendencia de crecimiento, para poder plantear objetivos alcanzables en función del presupuesto de inversión, tiempo disponible y equipo de trabajo.
- **Realistas:** No podemos establecer objetivos sin tener contacto con la realidad. Los resultados obtenidos serán unos u otros en función de los recursos que estés dispuesto a invertir y acciones a implantar.
- **Acotados en el tiempo:** Un objetivo debe cumplirse en un momento determinado, de lo contrario habrá que reformularlo. Podemos hablar de objetivos a largo plazo (1 año), medio plazo (trimestral o mensual) y corto plazo (mensual o semanal). Lo ideal es fijar en el calendario con un color bien llamativo las fechas en las que se quiere alcanzar un objetivo concreto.

Cuando queremos determinar los KPIs con el objetivo de cuantificar y medir la efectividad de nuestro proceso, la línea de procedimiento recomendada viene dada por un estudio realizado por Gerber & Rice, 2009.

- 1era etapa: Realizar una lluvia de ideas o brainstorming de manera interna en nuestra organización ya que nuestro equipo será el que mejor entienda que puntos clave en el proyecto serán los que se deben cuantificar:
- 2da etapa: Anotar todas las ideas y puntos anteriormente propuestos por los miembros de nuestra plantilla realizando una recogida de posibles KPIs que se podrían ver sometidos a evaluación.

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado "Memoria"	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

- 3era etapa: Analizar los KPIs anteriormente mencionados y elegir los que mejor puedan ayudarnos a mejorar nuestra manera de operar.

La universidad de Manchester realizó un estudio en indicando que KPIs optimizaban en los procesos de implementación BIM. Este estudio fue realizado en 2010 por los autores Coates, P, Arayici, Y, Koskela, K, Kagioglou, M, Usher, C and O'Reilly, K.

- Horas/Persona usadas: Esto hará posible llevar a cabo una comparación entre un proceso realizado por CAD y uno que se base en los softwares BIM.
- Balance económico: Monitorear exitosamente el balance económico ayudará a cumplir los objetivos fijados y a proteger el futuro de nuestro desarrollo. Aumentar la velocidad con la que se trata el producto permite que las facturas se generen antes y se pueda mantener la liquidez más fácilmente.
- Costes en viajes, impresión y envío de documentos: Los gastos de viaje en tiempo y dinero pueden ser reducidos para suponer un menor problema. Los costos de impresión se pueden ahorrar porque habrá menos conjuntos de dibujos al usar software. El envío de documentos debe reducirse cuando un solo modelo multidisciplinar es usado.
- Mejor arquitectura: Si la arquitectura es mejor o no depende de los individuos y su perspectiva. Para lograr una mejor arquitectura es fundamental tomar decisiones mejor estudiadas. El uso de herramientas BIM dará lugar a una mayor investigación y comprensión que tiene el potencial de conducir a mejores decisiones y mejor arquitectura.
- Desarrollo de habilidades y conocimientos de los empleados: reacción y aceptación del personal, sus actitudes culturales, su nivel de habilidad y conocimiento y la capacitación BIM también deben medirse y gestionarse en consecuencia.

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado "Memoria"	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

- Ofertas ganadas o porcentaje de ganancias; BIM es supuestamente un producto comercializable y ayuda a tener ventaja competitiva para ganar ofertas, por lo que se basa en muchos factores diferentes.
- IT por unidad de ingresos: La IT se ha convertido en un requisito previo de la práctica arquitectónica y es importante medir el éxito de una innovación de IT contra otras posibles innovaciones.
- Un mejor producto: Muchos atributos de las partes del BIM tienen el potencial de producir un mejor producto a través de la reducción de errores, detección de conflictos, verificación automática de modelos, reducción en la construcción, problemas de capacidad, reducción en los costos de seguro profesional, etc.
- Ingresos por cápita: Se obtienen mayores ingresos por cápita cuando aumentan las tarifas. Los clientes solo pagarán más si perciben un valor mayor. El valor potencial de BIM para muchos clientes sigue sin demostrarse en áreas como la gestión de instalaciones.
- Velocidad de desarrollo: el tiempo de respuesta es importante y si se maneja correctamente, puede reducir trabajo, costes extra, y mejorar el flujo de caja. Además, la velocidad de respuesta también genera la satisfacción del cliente.
- Satisfacción y retención del cliente: Entender los requisitos y necesidades del cliente, establecer un acuerdo con ellos sobre el diseño y desarrollar una visión conjunta del proyecto es fundamental. También es necesario involucrarlos en todo el proceso para informar y recibir comentarios de su parte aumentará la satisfacción del cliente.

5. BIM DE CARA AL FUTURO

Para entender bien las diferentes aplicaciones que puede tener el BIM en líneas futuras es necesario estudiar los diferentes perfiles profesionales que están desarrollándose en este mismo instante o que hay una previsión de desarrollo en un futuro no muy lejano.

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado "Memoria"	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

Experto en micro y macro coordinación 3D BIM

Será quién garantizará la coordinación 3D de los distintos agentes que participen en un modelo en todas sus fases. Con la proliferación de los contratos que requieran de modelos BIM lo normal será que los clientes cada vez soliciten una mayor garantía de coordinación en los modelos.

Hasta ahora se consideraba que muchos de los problemas de coordinación de los proyectos se resolvían en obra. En un futuro es probable que los clientes se decanten más por resolver y prevenir estos problemas completamente antes de la obra con modelos BIM, es aquí donde entrará en juego este coordinador experto que pondrá en orden el modelo antes de la construcción de un proyecto.

Experto en planificación con metodologías BIM

Este profesional tendrá el cometido de analizar los modelos de los distintos agentes implicados en un proceso de diseño en BIM y hacer las modificaciones pertinentes para poder calcular la planificación de la obra con el modelo.

Por ejemplo. Mientras que es posible que el agente de diseño modele toda una losa de un edificio de grandes dimensiones en una sola pieza, este profesional dividirá esta losa en tantas partes como hormigonados de la misma vaya a haber durante la construcción. Después asignará un parámetro de tiempo, un momento de tiempo para cada hormigonado, a cada losa.

El planificador con metodologías BIM dispondrá al final de su proceso de un modelo parametrizado en función del momento de su construcción. Así, podrá mostrar a los clientes en vídeo la construcción virtual de la obra con sus tiempos.

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado "Memoria"	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

Experto en control de costes con metodologías BIM

Este profesional se encargará de que se pueda calcular el coste de todo el proyecto en su conjunto mediante los modelos. Se encargará de que las unidades de obra, así como las medidas se obtengan directamente del modelo para calcular los costes de cada unidad de obra.

Experto en BIM y VR o VR aplicado a las modelos BIM

Este profesional conseguirá que los modelos BIM tengan una calidad de materiales fotorrealista. Se encargará asimismo de que los clientes puedan tener una experiencia de recorrido del modelo mediante unas gafas de realidad virtual.

Mediante estas tecnologías el cliente podrá hacer cambios en su modelo en tiempo real y participar así del proceso de diseño activamente.

Experto en seguimiento y coordinación del modelo BIM en obra

Con la proliferación de los contratos con metodologías BIM los clientes solicitarán la entrega de un modelo As-Built. Es en este punto donde entrará a participar el experto en seguimiento del modelo BIM en obra, que se encargará de garantizar que el modelo final coincide exactamente con lo construido.

Este experto tendrá que coordinarse con los distintos licitantes, que sustituirán los objetos inteligentes pero genéricos de los diseñadores, por los suyos propios.

Este cometido no sólo tendrá la dificultad del modelado al máximo detalle de lo construido, sino que además dicho modelo deberá tener una alta calidad en la gestión, ya que estará hecho para que gente sin tanta preparación técnica pueda usarlo.

Experto en BIM para facility management

Este experto en metodologías BIM se encargará de vincular todas las instalaciones del edificio con las del modelo de forma que ambas realidades, real y virtual, estén enlazadas en tiempo real.

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado “Memoria”	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

Esto garantizará que, por ejemplo, haya un seguimiento de cada uno de los equipos y conductos del edificio mediante el modelo. El modelo contendrá toda la información del facility management actualizada: sus garantías, automatismos y programaciones de las máquinas, optimización de uso de los espacios, sus fechas de la última revisión, de la siguiente revisión o de reparación de las instalaciones, si las hubiera.

Data Hunters

Con la proliferación de los modelos BIM es probable que los dueños de los inmuebles quieran obtener cada vez más y más información acerca de cómo están siendo utilizados los mismos.

Por ejemplo, imaginemos que el dueño de Inditex tiene todas sus tiendas modeladas con metodologías BIM. Después de tener toda esta información modelada se incluye un chip en cada una de las prendas y varias cámaras en los edificios que analizan el movimiento de cada cliente. El dueño puede querer relacionar el recorrido de los clientes con la compra de cada prenda para, por ejemplo, saber cuál es el mejor sitio de la tienda para que una prenda se venda.

Es aquí donde entra en valor el data hunter. Un analista de información que será capaz de analizar grandes cantidades de información para obtener conclusiones de estas de forma personalizada.

Programador BIM

Una de las claves de las metodologías BIM es que éstas utilizan la programación orientada a objetos para funcionar. Esta programación será accesible para el programador BIM quien utilizará este tipo de lenguajes informático para generar programas personalizados según las necesidades de cada compañía.

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado "Memoria"	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

BIM Legal

Con la entrega de un modelo virtual en la normalidad de los contratos de la industria de la construcción se multiplican las complicaciones legales asociadas, ya no solo a lo construido y a los distintos agentes de la construcción, sino también a los modelos.

Los distintos agentes de la construcción querrán tener claras sus obligaciones y responsabilidades a cumplir en cuanto a los modelos BIM en los contratos en los que se cuente con este tipo de metodologías.

Es en este contexto donde entrará en juego el experto de BIM Legal, quien se encargará de que sus clientes comprendan perfectamente lo que implica realizar un contrato con metodologías BIM antes de firmarlo y a que se están comprometiendo, así como los riesgos de dicho contrato. Asimismo, este experto aconsejará sobre los derechos legales, de propiedad intelectual, sobre el modelo.

BIM y construcción con Drones

En un futuro la mayoría de las tareas repetitivas serán susceptibles de ser automatizadas. No sería de extrañar que en este contexto la mano de obra de la construcción fuera sustituida por drones o robots. Será necesario entonces un experto en estas tecnologías que, además, entienda suficiente de metodologías BIM como para poder construir usando el modelo como base.

Este experto será capaz de asociar las coordenadas de los modelos BIM con las coordenadas que deben tener asociados los drones y los robots para poder trabajar. Amazon es una de las empresas que ya ha invertido en este campo adquiriendo rascacielos a modo de colmena para albergar estos drones

Fabricación digital

Su función será muy similar a la del experto en construcción con drones, pero con una escala de objetos más pequeña que la de este experto.

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado "Memoria"	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

Gestor de la información

En un contrato BIM todas las partes de este se comprometen a trabajar en un entorno común para compartir los modelos entre sí. Asegura que sus modelos están a salvo y que el diseñador utiliza estos modelos sólo para los fines estipulados en el contrato.

El "gestor de información BIM" se responsabiliza de que el entorno colaborativo de trabajo, así como la información tratada por las distintas partes sea gestionada de forma que se cumplan los requisitos de la información de un contrato BIM.

BIM aplicado a smart cities

Los expertos en BIM aplicado a smart cities tendrán el papel de monitorizar las ciudades y los cambios que se producen en ellas mediante sensores repartidos por la ciudad.

Estos expertos aparecerán en el momento que la tecnología lo permita, ahora mismo harían falta ordenadores con una potencia enorme para analizar la cantidad de datos que se mueve en una ciudad. No obstante, no estamos tan lejos de esta realidad, ya que estas tecnologías se usan de forma aislada para control de carreteras, de contaminación del aire y de conductos de instalaciones subterráneos en las principales capitales del mundo.

En Madrid hace unos años era necesario colocar un distintivo en los coches, siendo residentes, para garantizar que podíamos aparcar en una zona concreta. Hoy ese distintivo ya no es necesario ya que todas las matrículas de los coches están en una base de datos conjunta y los que comprueban las matrículas contrastan con esta base de datos para comprobar si eres residente, y multar o no.

Todos estos pequeños pasos acabarán unificándose en grandes gestores de información del espacio urbano en forma de software. Y aunque habrá mucho automatizado, siempre se necesitarán expertos que gestionen toda esa información masiva.

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado "Memoria"	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

BIM y tecnología de los videojuegos

Éste es el caso más futurista, pero que se desarrolle esta especialidad es una posibilidad que puede llevarse a cabo. A medida que el teletrabajo sea más común es probable que los empresarios quieran hacer un modelo virtual de sus edificios donde sus empleados virtuales, desde sus casas, puedan reunirse y encontrarse.

Para que esto pueda suceder tendrá que haber un experto que vincule los modelos BIM, de los inmuebles, con los usuarios (a modo de videojuego). De esta forma los empleados podrán estar a la vez en su casa y reunidos en la oficina como si de un videojuego se tratase.

Además de la teleconferencia realista, las técnicas de videojuegos aplicadas a las metodologías BIM ya se están usando para generar nuevas interfaces más simples para modelar construyendo en nuestros espacios 3D.

6. CONCLUSIONES

Las principales ventajas que conlleva esta metodología podríamos resumir los grandes cambios respecto al sistema CAD:

- Con la implantación de las herramientas BIM, las entidades han aumentado la calidad de sus proyectos y reducido el número de errores.
- Este procedimiento mejora la gestión de los costes y da una mayor transparencia en el intercambio de información producido entre arquitectos, proveedores y clientes
- Elimina los tiempos de coordinación entre las partes implicadas, ya que los datos se encuentran en tiempo real accesibles para las partes necesarias eliminando interacciones.

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado "Memoria"	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

- BIM es el único método que ofrece información esencial para planificar actividades del mantenimiento del activo, teniendo en cuenta todas las etapas del ciclo de vida hasta el desmantelamiento, uniendo todos los procedimientos en una sola metodología.

Y como principal desventaja, nos encontramos solo con una barrera de gran envergadura:

- La tecnología utilizada y los medios necesarios para llevarla a cabo impiden que la adopción de esta metodología se de a gran escala de manera generalizada. Los cambios en software, con sus consecuentes licencias a adquirir, y el enfoque de los equipos de diseño y construcción que normalmente no tienen personal suficientemente capacitado también suponen un freno importante a su propagación.

En el ejemplo de implantación realizado en este trabajo, hemos planteado un caso hipotético y hemos profundizado en los procesos BIM estudiando los diferentes puntos necesarios para el correcto funcionamiento de la herramienta, proponiendo las diferentes opciones que tenemos delante de las principales dificultades encontradas (Poco conocimiento del personal disponible, implicación de todos los departamentos en un objetivo único) y avanzando progresivamente en nuestro planteamiento teniendo en cuenta todos los puntos anteriormente mencionados en él y las futuras competencias a utilizar. Me hubieses gustado realizar un presupuesto más exhaustivo para dar mayor realismo a este proyecto y poder analizar en profundidad la viabilidad económica, pero debido a la falta de recursos ya que solo poseen datos reales entidades especializadas y de disponibilidad limitada.

Personalmente creo que este trabajo me ha descubierto un mundo nuevo de posibilidades dentro de la ingeniería estructural, en la que estoy muy interesado, ya que este campo supone el futuro de la modelación de estructuras y cualquier profesional que quiera participar en proyectos de gran

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado “Memoria”	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

envergadura, independientemente del país o continente, deberá tener conocimientos avanzados de las herramientas BIM y formarse exhaustivamente en este campo para poder rendir al nivel que se demanda para realizar un proyecto exitoso.

En el futuro esta metodología será de obligatorio cumplimiento, así que invertir en convertirse en un experto en este ámbito puede convertirse en una decisión más que rentable, ya que nos encontramos que la demanda de estos perfiles se encuentra en una curva exponencial en los próximos años, así como la aparición de nuevos especialistas que desarrollen funciones específicas dependiendo de las características del proyecto.

Espero que este proyecto haya cumplido su objetivo de estudiar las diferentes funciones de las herramientas BIM y pueda servir como una guía con la que iniciarse en el BIM, entendiendo su procedimiento desde la idea base hasta la completa puesta en marcha del proyecto por las diferentes partes implicadas.

7. LÍNIAS FUTURAS

En este proyecto hemos analizado todo el marco teórico relacionado con la metodología BIM: Ventajas, inconvenientes, procedimientos en las diferentes fases, factores a analizar y mejorar, criterios a seguir en la toma de decisiones, etc. Los diferentes puntos tratados ofrecen una buena base sobre la que realizar una mejora continua e investigación en un proyecto de estas características.

Este estudio podría ser utilizado como guía teórica para un proyecto de ámbito ingenieril real y verificar si realmente cumple su función de mostrar posibles caminos y opciones en la manera de proceder que ofrezcan unos resultados eficientes. Si el método de este estudio realmente da

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado "Memoria"	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

buenos resultados y concuerda con una implantación a escala real, podríamos decir que el objetivo del proyecto se ha cumplido con creces y que podría realizarse una estandarización a partir del contenido de este trabajo.

Podríamos recalcar que las características principales y los análisis de factores de mayor importancia podrían ser la creación de un proyecto piloto, con su respectivo equipo piloto y la formación necesaria para que éste haga su trabajo de manera adecuada. También mencionar el análisis de los diferentes softwares dependiendo de nuestras intenciones y la explicación de los diferentes perfiles BIM que nos ofrece el mercado laboral con sus respectivas funciones y servicios.

8. BIBLIOGRAFIA

24studio LAB. (2018). *24studiobim.com*. Obtenido de <https://24studiobim.com/consultoria-bim/formacion-bim-empresa/> (Accedido 22 diciembre de 2019)

Aguilar, J. (2018 de Noviembre de 29). *msistudio.com*. Obtenido de <https://www.msistudio.com/pros-y-contras-de-planificar-con-bim-en-la-obra/> (Accedido 15 octubre de 2019)

Autodesk. (2014). *Manual Implementación BIM*. (Accedido 27 diciembre de 2019)

Beaumont, R. (s.f.). *rogerbeaumont.net*. Obtenido de <http://rogerbeaumont.net/bim-support/implementacion-bim/> (Accedido 16 diciembre de 2019)

Beaumont, R. (s.f.). *rogerbeaumont.net*. Obtenido de <http://rogerbeaumont.net/bim-support/proyecto-piloto-bim/> (Accedido 5 diciembre de 2019)

Bernal, S. (1 de Agosto de 2014). *autodesk.typepad*. Obtenido de <https://autodesk.typepad.com/vozes/2014/01/la-verdadera-historia-del-bim.html> (Accedido 20 octubre de 2019)

BIMCommunity. (29 de noviembre de 2018). *bimcommunity.com*. Obtenido de <https://www.bimcommunity.com/technical/load/620/bim-4d-what-is-and-how-can-you-apply-it-to-your-projects> (Accedido 3 noviembre de 2019)

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado "Memoria"	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

- Blanco, M. P. (29 de septiembre de 2017). *blog.es.logicalis.com*. Obtenido de <https://blog.es.logicalis.com/analytics/kpis-qu%C3%A9-son-para-qu%C3%A9-sirven-y-por-qu%C3%A9-y-c%C3%B3mo-utilizarlos> (Accedido 29 diciembre de 2019)
- buildingsmart. (2017). *buildingsmart.es*. Obtenido de <https://www.buildingsmart.es/bim/> (Accedido 13 noviembre de 2019)
- Cadena de suministro. (28 de noviembre de 2018). *cadenadesuministro.es*. Obtenido de <http://www.cadenadesuministro.es/noticias/presente-y-futuro-del-bim-en-espana/> (Accedido 29 de diciembre de 2019)
- Camprovin, C. (12 de febrero de 2018). *ibermatica365.com*. Obtenido de <https://www.ibermatica365.com/conclusiones-barometro-de-adopcion-de-building-information-modeling/> (Accedido 2 de enero de 2020)
- Departamento de Territorio y Sostenibilidad. (15 de junio de 2018). *territori.gencat*. Obtenido de <http://territori.gencat.cat/es/detalls/Article/Projecte-pilot-BIM> (Accedido 27 diciembre de 2019)
- Duque, A. M. (27 de junio de 2017). *revistadigital.inesem.es*. Obtenido de <https://revistadigital.inesem.es/disenio-y-artes-graficas/bim-4d-5d/> (Accedido 26 de diciembre de 2019)
- Editeca. (7 de septiembre de 2018). *editeca.com*. Obtenido de <https://editeca.com/bim-manager/> (Accedido 16 diciembre de 2019)
- Editeca. (12 de septiembre de 2018). *editeca.com*. Obtenido de <https://editeca.com/transicion-de-cad-a-bim/> (Accedido 15 octubre de 2019)
- Equip arquitectes. (27 de octubre de 2016). *arquitectes.cat*. Obtenido de <https://www.arquitectes.cat/es/escolasert/actualidad/bim-metodologia-trabajo-colaborativa-transformadora> (Accedido 30 octubre de 2019)
- Equipo Arquiparados. (s.f.). *arquiparados.com*. Obtenido de <https://www.arquiparados.com/t834-que-son-los-niveles-bim-bim-levels> (Accedido 17 octubre de 2019)
- Equipo BIMnD. (19 de Marzo de 2019). *bimnd.es*. Obtenido de <https://www.bimnd.es/7dimensionesbim/> (Accedido 20 octubre de 2019)
- Equipo BIMnD. (marzo de 12 de 2019). *bimnd.es*. Obtenido de <https://www.bimnd.es/titulos-profesionales-bim-perfiles-responsabilidades-competencias-mas-demandadas/> (Accedido 16 diciembre de 2019)
- Equipo Olympo Boxes. (6 de mayo de 2019). *olympoboxes.com*. Obtenido de <https://olympoboxes.com/kpi-como-saber-las-metricas-que-importan/> (Accedido 26 diciembre de 2019)
- Equipo Structuralia. (14 de Febrero de 2019). *blog.structuralia.com*. Obtenido de <https://blog.structuralia.com/preparar-a-un-equipo-de-ingenieros-para-metodologia-bim> (Accedido 22 diciembre de 2019)
- ESDIMA. (27 de junio de 2018). *esdimas.com*. Obtenido de <https://esdimas.com/que-significa-revit-mep/> (Accedido 17 diciembre de 2019)

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado "Memoria"	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

- ESDIMA. (s.f.). *esdima.com*. Obtenido de <https://esdima.com/las-bases-del-trabajo-colaborativo-bim/> (Accedido 20 octubre de 2019)
- ESDIMA. (s.f.). *master-diseño.com*. Obtenido de <https://xn--master-diseño-khb.com/tiene-futuro-bim-para-el-mercado-profesional-y-corporativo/> (Accedido 29 diciembre de 2019)
- Felipe Choclán Gámez, D. B. (Mayo de 2017). *bimtecniberia.es*. Obtenido de <http://bim.tecniberia.es/wp-content/uploads/2016/11/GT2-Personas-SG2.3-Roles.pdf> (Accedido 23 diciembre de 2019)
- Fundación laboral. (7 de Febrero de 2017). *blog.entornobim.org*. Obtenido de <http://blog.entornobim.org/plan-implantacion-metodologia-bim-organizaciones/> (Accedido 15 diciembre de 2019)
- Hernandez, V. (s.f.). *especialista3d.com*. Obtenido de <https://especialista3d.com/bim-4d-synchro-vs-navisworks/> (Accedido 8 diciembre de 2019)
- Ingeniería project management. (12 de Marzo de 2019). *talat.es*. Obtenido de <https://www.talat.es/el-equipo-tecnico-de-talat-completa-la-primera-fase-de-formacion-en-bim/> (Accedido 23 diciembre de 2019)
- Ingeniería project Management. (2 de julio de 2019). *talat.es*. Obtenido de <https://www.talat.es/3a-fase-bim/> (Accedido 23 diciembre de 2019)
- Ingeniería Project Management. (4 de junio de 2019). *talat.es*. Obtenido de <https://www.talat.es/segunda-fase-de-formacion-bim-cuantificacion-documentacion-y-exportacion/> (Accedido 23 diciembre de 2019)
- Jardí, A. (25 de junio de 2018). *e-zigurat.com*. Obtenido de <https://www.e-zigurat.com/blog/es/minimiza-los-gastos-con-la-metodologia-bim/> (Accedido 27 diciembre de 2019)
- Margalef, A. J. (9 de diciembre de 2015). *apogeavirtualbuilding*. Obtenido de <https://www.apogeavirtualbuilding.com/bim-y-el-trabajo-colaborativo/> (Accedido 18 octubre de 2019)
- Maritza. (29 de agosto de 2019). *bimanagement.com*. Obtenido de <https://bimanagement.co/2019/08/29/bim-y-trabajo-colaborativo/> (Accedido 18 octubre de 2019)
- Méndez, E. (9 de junio de 2015). *prezi.com*. Obtenido de <https://prezi.com/klxfnkqm5gus/proyecto-piloto-bim/> (Accedido 17 diciembre de 2019)
- Núñez, V. (1 de noviembre de 2018). *vilmanunez.com*. Obtenido de https://vilmanunez.com/indicadores-kpi/#Tipos_y_ejemplos_de_KPIs (Accedido 28 diciembre de 2019)
- Santamaría, L. (14 de marzo de 2018). *especialista3d.com*. Obtenido de <https://especialista3d.com/que-profesionales-seran-mas-demandados-en-un-futuro-con-perfiles-bim/> (Accedido 2 de enero de 2020)
- seys. (2018). *seysitic.com*. Obtenido de <https://seysitic.com/bim-la-historia-del-building-information-modelling/> (Accedido 10 octubre de 2019)

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa	Trabajo de Fin de Grado “Memoria”	Fecha 15/01/2020
ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS BIM EN UNA INGENIERIA		

- Structuralia. (6 de septiembre de 2018). *bolg.structuralia.com*. Obtenido de <https://blog.structuralia.com/aplicaciones-de-la-metodologia-bim-en-ingenieria> (Accedido 27 octubre de 2019)
- The key performance indicators of the BIM implementation process. (2010). *Coates, P, Arayici, Y, Koskela, K, Kagioglou, M, Usher, C and O'Reilly, K*. Salford, Manchester, Reino Unido. (Accedido 2 enero de 2020)
- Torres, M. (11 de marzo de 2019). *construcgeek.com*. Obtenido de <https://www.construcgeek.com/software/libro-de-ejercicios-para-implementar-proyectos-piloto-de-bim/> (Accedido 10 diciembre de 2019)
- Zigurat Golbal Institute of Technology. (11 de diciembre de 2018). *e-zigurat.com*. Obtenido de <https://www.e-zigurat.com/blog/es/que-es-bim-manager/> (Accedido 16 diciembre de 2019)